Deutscher Bundestag **Drucksache 14/9400**
14. Wahlperiode 07. 07. 2002

Endbericht

der Enquete-Kommission
„Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und der Liberalisierung“*

* Eingesetzt durch Beschluss des Deutschen Bundestages vom 17. Februar 2000 – Drucksache 14/2687

Seite

Inhaltsverzeichnis

Seite

Seite

Seite

Vorwort

Mit der Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung in Rio de Janeiro im Jahre 1992 wurde das Ziel einer „Nachhaltigen Entwicklung“, d. h. wirtschaftliche und soziale Belange sowie die Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen miteinander in Einklang zu bringen, als Leitlinie für die zukünftige Entwicklung der Welt allgemein anerkannt. Alle in Rio beteiligten Staaten haben sich dazu verpflichtet, im nationalen Rahmen konkrete Schritte für eine nachhaltige Entwicklung aufzuzeigen.

Zehn Jahre nach Rio wird im Jahre 2002 der Weltgipfel für Nachhaltige Entwicklung in Johannesburg Bilanz ziehen und Leitlinien für die zukünftige Entwicklung geben. Vor diesem Hintergrund hat der 14. Deutsche Bundestag die Enquete-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und der Liberalisierung“ eingesetzt und diese beauftragt, Antworten auf die Herausforderungen der Sicherung der natürlichen Lebensgrundlagen, der Bewältigung des globalen Wettbewerbs um die Energiereserven und der Schaffung humaner Lebensbedingungen für eine weiter wachsende Weltbevölkerung zu geben und Handlungsempfehlungen für den Deutschen Bundestag zu entwickeln. In diesem Sinne hat die Enquete-Kommission das Ziel, den Diskussionsprozess zur Nachhaltigkeit in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft voranzutreiben, Ansätze für eine nationale Nachhaltigkeitsstrategie zu erarbeiten und damit einen Beitrag für den notwendigen internationalen Konsens in Johannesburg zu leisten.

Mit dem Weltgipfel für Nachhaltige Entwicklung in Johannesburg wird der Diskussionsprozess nicht beendet sein. Nachhaltige Entwicklung ist kein statisches Konzept, sondern setzt einen fortwährenden Such- und Dialogprozess voraus.

Eine zuverlässige Energieversorgung ist die entscheidende Basis für wirtschaftliches Wachstum und sozialen Wohlstand. Der Zugang zu zuverlässiger und bezahlbarer Energie, der zwei Milliarden Menschen auf der Welt nicht verfügbar ist, stellt damit ein herausragendes Problem dar. Trotz beachtlicher Fortschritte in den letzten Jahren haben sich die Probleme, die zu der Rio-Konferenz geführt haben, nicht grundlegend verändert: Immer noch leben viele Menschen auf der Erde in großer Armut. Auch die Belastungen für die Umwelt, z.B. durch steigende Treibhausgasemissionen, nehmen nicht erkennbar ab. Damit stellen die Herausforderungen des Umweltschutzes und die Frage nach einer ausreichenden Verfügbarkeit von Energie die zentralen Problemfelder des Rio + 10-Prozesses dar.

Als Industrienation haben wir die Verpflichtung, auf die wachsenden Bedürfnisse der Menschen Rücksicht zu nehmen, die nicht in wohlhabenden Industrienationen leben und die schon heute den weit überwiegenden Teil der Menschheit ausmachen. Ihre berechtigten Ansprüche auf Wohlstand mit wirtschaftliche Entwicklung sind unmittelbar mit einer ausreichenden Versorgung mit preiswerter Energie verbunden. Da dieser Teil der Weltbevölkerung steile Wachstumsraten aufweist, sind die Industrienationen moralisch und ethisch in der Pflicht, nicht nur sparsam mit der Nutzung der Energievorräte umzugehen, sondern auch neue Technologien zu entwickeln und zu nutzen, um im Sinne der Bewahrung der Schöpfung die Risiken eines weltweit ständig steigenden Energiebedarfs so gering wie möglich zu halten.

Wir müssen erkennen, dass mit dem heute erreichten Umfang der Nutzung von Energie stärker in das Klimageschehen auf unserem Planeten eingegriffen wird, als es die Lebenserfahrung jedes einzelnen zunächst vermuten lassen würde. Die meisten Veränderungen und Auswirkungen machen sich – gemessen an der Lebenserwartung eines Menschen – eher schleichend bemerkbar. Darüber hinaus erfolgen in der Regel die Auswirkungen des Klimageschehens nicht unmittelbar an den Stellen, an denen die Ursachen für die Veränderungen gesetzt wurden. Diese Umstände machen es so schwer, die erforderliche Einsicht und Aufmerksamkeit für einen nachhaltigen Umgang mit Energieressourcen zu wecken.

Auch wenn die jetzigen Erkenntnisse über die komplexen Vorgänge des Klimageschehens noch Fragen offen lassen und nicht abschließend wissenschaftlich geklärt sind, so sprechen gute Gründe dafür, im Sinne der Vorsorge die Arbeit an einer klimaverträglichen

Energiepolitik für die nächsten Jahrzehnte verstärkt fortzusetzen. Dabei muss jedes Konzept zur Umweltverträglichkeit mit Fragen der sozialen und wirtschaftlichen Verträglichkeit abgestimmt werden, um den Kriterien des Leitbildes einer nachhaltigen zukunftsfähigen Entwicklung zu entsprechen.

Die Rahmenbedingungen für eine nachhaltige Energieversorgung zu gestalten, gehört damit zu den großen Herausforderungen im 21. Jahrhundert. Meistern kann diese Herausforderungen jedoch nur, wer diese Gestaltungsaufgabe in Anerkennung der Realität mit zukunftsfähigen Visionen verbindet.

Nur mit einem solchen Konzept besteht die Möglichkeit, eine stabile Energiepolitik zu schaffen, die zugunsten der nachfolgenden Generationen das Problem des Klimaschutzes und der Ressourcenschonung und -nutzung dauerhaft sichert. Durch die Internationalisierung der Energiewirtschaft und die zunehmende Liberalisierung der Märkte ändern sich die Rahmenbedingungen für die nationale Energieversorgung. Nationale Energiepolitik muss viel stärker als bisher globale Fragen berücksichtigen – insbesondere auch aufgrund der unterschiedlichen Verteilung der Ressourcen und des Wettbewerbs auf den Energiemärkten. Sie wird sich zunehmend als verantwortlicher Teil der internationalen und europäischen Politik definieren müssen.

Nach gut zweijähriger Beratungszeit und sechs Monate nach Vorlage des Zwischenberichts legt die Enquete-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und der Liberalisierung“ dem Deutschen Bundestag ihren Endbericht vor. Damit geht eine Zeit intensiver Arbeit zu Ende, die sowohl von der Suche nach Kompromissen als auch von der Auseinandersetzung mit grundsätzlich unterschiedlichen Auffassungen geprägt war. Die Komplexität des Themas und die Kürze der zur Verfügung stehenden Zeit stellten für die Kommission eine gewaltige Herausforderung dar. Dafür, dass sie sich dieser Herausforderung gestellt haben, möchte ich allen Kommissionsmitgliedern herzlich danken. Eine besondere Anerkennung gilt dabei den sachverständigen Mitgliedern, die die sehr anspruchsvolle und zeitintensive Arbeit für die Enquete-Kommission neben ihrer hauptamtlichen Tätigkeit geleistet haben.

Unterstützt wurde die Kommission durch die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Sekretariats, denen ich für die geleistete Arbeit ebenfalls danken möchte.

Die Aufgabe konnte nur bewältigt werden, indem sich die Kommission auf die wesentlichen Fragen einer nachhaltigen Energieversorgung für das 21. Jahrhundert konzentriert hat, wie z. B. die verschiedenen Ziele für ein nachhaltiges Energiesystem, geopolitische und internationale Entwicklungstrends, Potenziale und Szenarien für die Entwicklung in Deutschland sowie politische Strategien und Instrumente einer nachhaltigen Energiewirtschaft. Dabei wurden nicht nur die vielfältig vorhandenen Untersuchungen zu diesen Themen berücksichtigt; die Kommission hat auch zahlreiche Anhörungen durchgeführt und Studien vergeben. Kernstudie war die Beschreibung verschiedener Entwicklungswege im Energiebereich bis zum Jahr 2050 in Szenarien unter der Annahme einheitlicher Rahmenbedingungen aber verschiedener technischer Ausprägungen.

In ihrem Ersten Bericht, der im November 2001 dem Deutschen Bundestag vorgelegt wurde, setzte sich die Kommission mit den Herausforderungen der Liberalisierung und der Globalisierung der Energiemärkte vor dem Hintergrund einer effizienten und umweltfreundlichen Versorgung basierend auf dem Leitbild der Nachhaltigkeit auseinander. Als Ergebnis wurde ein System von energiebezogenen Nachhaltigkeitskriterien entwickelt als Versuch, die wichtigsten ökonomischen, ökologischen und sozialen Faktoren im Energiebereich zu identifizieren. Daneben beinhaltet der Erste Bericht eine Bestandsaufnahme der Rahmenbedingungen für eine nachhaltige Energiewirtschaft unter dem Einfluss des anthropogenen Klimawandels, der Entwicklung der weltweiten Energienachfrage und der Verfügbarkeit von Energieressourcen.

Mit dem jetzt vorgelegten Abschlussbericht kommt die Kommission dem Auftrag des Bundestages nach, dem politischen Willensbildungsprozess zur künftigen Energiepolitik eine belastbare, an wissenschaftlich-systematischen Kriterien orientierte Beratungsgrundlage zu schaffen. Neben der sicheren Versorgung der Bevölkerung mit Energiedienstleistungen steht die Mitverantwortung Deutschlands als hochindustrialisiertes Land für die dringend

erforderliche Reduzierung von Treibhausgasen sowie die Notwendigkeit, den Entwicklungsländern durch den Transfer von Know-how und Kapital den Anschluss an das Wohlstandsniveau der entwickelten Länder zu ermöglichen. Bei aller Sorge um eine nachhaltige Energieversorgung unseres Landes darf man nicht übersehen, dass zwei Milliarden Menschen auf der Welt keinen sicheren Zugang zu verlässlicher und sauberer Energie haben.

Der Abschlussbericht der Kommission kann leider nicht als breiter Konsenstext übergeben werden, sondern in der Form eines Mehrheitstextes der Fraktionen der SPD und BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN einerseits sowie ausführlicher Minderheitenvoten der Fraktionen der CDU/CSU und FDP und der Fraktion der PDS andererseits; zu groß waren die unterschiedlichen Grundeinstellungen und Analysen der Kommissionsmitglieder in wesentlichen Punkten. Dies ist um so bedauerlicher als es gerade das Ziel einer Enquete-Kommission ist, über unterschiedliche Parteiprogramme hinweg und ungeachtet der aktuellen Mehrheitsverhältnisse im Parlament Wege für Entscheidungen aufzuzeigen, die weit in die Zukunft reichen und die Lebensgrundlagen der kommenden Generationen sichern sollen.

Das Ziel, einen verlässlichen Rahmen über ein bis zwei Jahrzehnte zu gestalten, wurde verfehlt. Dies bleibt eine Herausforderung für die nächste Wahlperiode.

Berlin, den 28. Juni 2002

Kurt-Dieter Grill, MdB

Vorsitzender der Enquete-Kommission

„Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und der Liberalisierung“

0 Einleitung[1]

0.1 Einführung

(1) Die Aufgabe, als zentrales Element einer nachhaltigen Entwicklung das bestehende in ein nachhaltig-zukunftsfähiges Energiesystem umzustrukturieren, stellt sich zehn Jahre nach dem Erdgipfel von Rio angesichts drängender globaler Umwelt- und Entwicklungsprobleme mit wachsender Dringlichkeit. Gemäß Einsetzungsbeschluss ist das Ziel der Enquete-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und der Liberalisierung“ die Konkretisierung und Operationalisierung des Leitbildes „Nachhaltigkeit“ für den Energiebereich als Beitrag Deutschlands für die Konferenz „Rio + 10“ in Johannesburg. Als größte Volkswirtschaft im zusammenwachsenden Europa und als Industrieland mit hohem (technischem) Innovationspotenzial hat die Bundesrepublik Deutschland eine wichtige Verantwortung, die Weichen für die Zukunft zu stellen und einen besonderen Beitrag bei der Suche nach Antworten auf – auch globale – Zukunftsfragen zu leisten.

(2) Bereits die Enquete-Kommissionen „Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre“ und „Schutz der Erdatmosphäre“[2] befassten sich intensiv mit der Frage von Energiebereitstellung und -verbrauch und den Aspekten des globalen Klimawandels, doch haben sich durch das weiter wachsende Ausmaß und Tempo der Globalisierung sowie durch die Liberalisierung der leitungsgebundenen Energiemärkte neue Rahmenbedingungen ergeben, deren Wirkungen für das Ziel einer nachhaltig-zukunftsfähigen Energieversorgung der neuerlichen Untersuchung und Einordnung bedürfen.

(3) In der internationalen und nationalen Politik hat die Diskussion um eine nachhaltig-zukunftsfähige Entwicklung seit dem Bericht der Brundtland-Kommission 1987 eine Vielzahl von Initiativen ausgelöst. Auf der internationalen Ebene seien beispielhaft genannt: die Konferenz von Rio 1992, der gesamte Prozess der Klimarahmenkonvention, die noch 2002 ratifiziert werden soll, oder die Einrichtung vieler Gremien wie die „UN Commission on Sustainable Development“ oder die G8-Task-Force. Auf nationaler Ebene sind eine Vielzahl von Umweltplänen, Klimaschutzprogrammen, Förderprogrammen für Nachhaltigkeitsziele und auch Nachhaltigkeitsstrategien entstanden. Insofern stellt die Konferenz „Rio + 10“ in Johannesburg einen weiteren Meilenstein in diesem Prozess dar.

(4) In ihrem Ersten Bericht nahm die Enquete-Kommission den gegenwärtigen Stand der Debatte um den Begriff „Nachhaltigkeit“ auf und erarbeitete eine Konkretisierung und Operationalisierung des Leitbildes für den Energiebereich. Hatte sich die Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ des 12. Deutschen Bundestages noch für einen rein ökologischen Zugang entschieden, so versuchte ihre Nachfolgerin in der nächsten Wahlperiode, der Dreidimensionalität des Leitbildes gerecht zu werden und auch Regeln für ökonomische und soziale Aspekte aufzustellen. Der Begriff umfasst nach heutigem Verständnis drei Dimensionen: Die Erhaltung und schonende Nutzung der natürlichen Lebensgrundlagen sowie die wirtschaftlich und sozial verträgliche Entwicklung.

(5) Ziel einer nachhaltig zukunftsfähigen Entwicklung ist es, die lebensnotwendigen Funktionen und den immateriellen Wert von Natur auf Dauer zu erhalten. Dies schließt ein, dass die wirtschaftlichen und sozialen Lebensbedingungen heute und zukünftig lebender Menschen abgesichert bzw. entsprechend ihrer jeweiligen Bedürfnisse verbessert werden können. Die zentralen Umweltprobleme durch die heute weltweit dominierenden Produktions- und Konsumstile resultieren vor allem aus der Diskrepanz zwischen der Aufnahme- und Assimilationsfähigkeit der Natur und der Intensität der Nutzung. Die zentralen Umweltprobleme sind zum einen die Stofffreisetzung in die Umwelt durch nicht geschlossene Stoffkreisläufe und zum anderen die mit den Produktions- und Konsumstilen verbundenen hohen Energieverbräuche, Emissionen und Flächeninanspruchnahmen.

(6) Die wirtschaftliche Dimension hat für das Ziel einer nachhaltigen Entwicklung die besondere Bedeutung, die Grundbedürfnisse und den Wunsch nach einem besseren Leben einer wachsenden Weltbevölkerung befriedigen zu können. Dabei ist der Erhalt von Wettbewerb und Markt eine wichtige Rahmenbedingung für das Erreichen gesellschaftlicher Ziele.

(7) In der sozialen Dimension des Nachhaltigkeitskonzepts kommt dem normativen Prinzip der Gerechtigkeit (in mehreren Dimensionen) eine besondere Bedeutung zu. Dabei bilden die Absicherung von Grundbedürfnissen bzw. eines gesicherten Existenzminimums zentrale Elemente. Dies bedeutet u. a., Strukturwandel so zu gestalten, dass Arbeitslosigkeit vermieden wird. Bestandteil der sozialen Dimension von Nachhaltigkeit ist schließlich auch die Sozialverträglichkeit technologischer Entwicklungen.

(8) Die Enquete-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung“ fokussiert im Rahmen der allgemeinen Nachhaltigkeitsdebatte auf den Teilbereich „Energie“ und entwickelte in ihrem Ersten Bericht Kriterien und Handlungsleitlinien für eine nachhaltig-zukunftsfähige Entwicklung in diesem Sektor. Im Rahmen ihrer Arbeit hat die Kommission ein Indikatorensystem „SIENA“ ausgearbeitet, um den „Nachhaltigkeitsgrad“ des Energiesystems wie auch einzelner Technologien und Prozesse beurteilen zu können. Dieses System versucht, die wichtigsten energiebezogenen

[1] Minderheitsvotum der Kommissionsmitglieder von CDU/CSU und FDP: Aufgrund der sich im Wesentlichen auf die Entwicklung ökologischer Aspekte konzentrierenden Darstellung wird der Inhalt der Arbeit der Enquete-Kommission einseitig verkürzt wiedergegeben – vgl. hierzu Minderheitsvotum, insbesondere Kapitel 1.

[2] Enquete (1990); Enquete (1995).

Faktoren im ökologischen, ökonomischen und sozialen System – soweit möglich – in messbare Zustands- oder Richtungsgrößen zu fassen, für die zeitbezogene Zielvorgaben gemacht werden können.

(9) Die Kommission kam daher zu der Auffassung, dass das heutige Energieversorgungssystem in vielerlei Hinsicht – u. a. wegen der zu hohen CO_2-Emissionen und des fehlenden Zugangs vieler Menschen zu ausreichenden Energiedienstleistungen – nicht nachhaltig ist.

(10) Zwei Aspekte der Nachhaltigkeitsdebatte blieben in der Kommission umstritten: Zum einen besteht Uneinigkeit über das Verhältnis der drei Dimensionen zueinander. Nach Auffassung einer Mehrheit der Kommission soll im Abwägungsprozess im Zweifelsfall aus Vorsorgegründen der Ökologie eine besondere Bedeutung zugesprochen werden, weil ohne den Erhalt der lebensnotwendigen Funktionen der Natur auf Dauer soziale und wirtschaftliche Entwicklung nicht gewährleistet werden kann. Hingegen vertrat eine Minderheit die (absolute) Gleichrangigkeit der drei Dimensionen.

(11) Ein zweiter Dissens ergab sich aus der Debatte um die Existenz von Naturschranken. Die Mehrheit der Kommission vertrat die Ansicht, dass mit wissenschaftlichen Methoden „Leitplanken“ und „Naturschranken“ identifiziert werden können, mit denen ein Übergang zu nicht mehr akzeptablen Zuständen für Natur, Menschen und Gesellschaften beschrieben werden kann. Die Mehrheit der Kommission geht davon aus, dass sich in manchen Fällen – vor allem im Bereich des Klimaschutzes und der nuklearen Risiken – bereits heute „Verbotsbereiche“ identifizieren lassen, für die Risiken nicht mehr hingenommen werden können. Dagegen lassen sich nach Auffassung einer Minderheit der Kommission solche Grenzen bisher nicht ableiten.

(12) Bei ihren Untersuchungen zur Verfügbarkeit der Energieressourcen stellte die Kommission fest, dass die physische Versorgung nicht unmittelbar gefährdet ist. Wohl gab es unterschiedliche Einschätzungen zum Zeithorizont möglicher Verknappungen, den Sicherheitsrisiken, die aus der geopolitischen Verteilung der Ressourcen resultieren, sowie den wirtschaftlichen Folgen für die Energiemärkte, die aus beiden Prozessen resultieren können. Übereinstimmend wurde aber festgestellt, dass sich die Limitierungen für den Verbrauch fossiler Energien vor allem aus dem anthropogenen Treibhauseffekt ergeben.

(13) Bezüglich des Problems des Klimawandels stützt sich die Kommission auf den Dritten Sachstandsbericht des „Intergovernmental Panel on Climate Change“ (IPCC). Sie folgt dem IPCC in der Aussage, dass das durch anthropogene Einflüsse bedrohte Weltklima stabilisiert werden muss. Nach Auffassung der Mehrheit der Kommission ist hierfür die Stabilisierung der Konzentration des wichtigsten Treibhausgases Kohlendioxid auf max. 450 bis 500 ppm in diesem Jahrhundert zwingend notwendig.[3] Die Kommission tritt dafür ein, den in Deutschland eingeleiteten Weg des Klimaschutzes national und international verstärkt fortzusetzen. Die Weichenstellungen für eine nachhaltige Energienutzung und -versorgung im 21. Jahrhundert muss wegen der langen Re-Investitionszyklen des Energiesektors ab jetzt weit konsequenter als bisher vorgenommen werden.

(14) Gegenwärtig vollziehen sich zwei Prozesse, die für den Energiesektor von großer Bedeutung sind: einerseits die Globalisierung und andererseits die Liberalisierung der Energiemärkte. Von besonderer Relevanz für Deutschland ist die Liberalisierung im Bereich der leitungsgebundenen Energieträger auf europäischer Ebene. Dies erfordert zusätzliche Begründungen für den Einsatz neuer Strategien und Instrumente. Gleichzeitig entsteht für den Staat eine größere Notwendigkeit, Rahmenbedingungen zu setzen, um einerseits Wettbewerb zu sichern und andererseits den Anforderungen einer nachhaltigen Entwicklung und den Zielen der Versorgungssicherheit, d. h. sicherer und preiswürdiger sowie umwelt- und klimaverträglicher Bereitstellung von Energiedienstleistungen, gerecht zu werden. Sowohl für den Bereich der Globalisierung als auch der Liberalisierung ist sich die Kommission einig darüber, dass beiden Entwicklungen Chancen und Vorteile, aber auch Nachteile bzw. Risiken innewohnen.

(15) Wesentliche Vorteile der Globalisierung könnten nach Auffassung der Kommission z. B. die Eröffnung von Entwicklungschancen für Entwicklungs- und Schwellenländer sowie die weltweite Diffusion für nachhaltig-zukunftsfähige Technologien sowie Chancen für einen intensivierten (Kapital- und) Know-how-Transfer in Transformations-, Schwellen- und Entwicklungsländer sein. Als problematisch wird gesehen, dass bisher die Schere zwischen den „Gewinnern“ und „Verlierern“ sowohl inner- wie zwischenstaatlich eher größer als kleiner wird, die politischen Gestaltungsmöglichkeiten von nationalen Regierungen eingeschränkt werden, ohne dass im internationalen Kontext angemessene Rahmenbedingungen schnell genug geschaffen worden sind und das weltweite Transportaufkommen wesentlich ausgeweitet wird. Die Kommission vertritt die Auffassung, dass politische Rahmensetzung im Prozess der Globalisierung beitragen muss, eine Verbesserung der sozialen und ökologischen Mindeststandards zu erreichen.[4]

(16) Die Chancen der Liberalisierung des Energiemarktes sieht die Kommission vor allem in wettbewerblich bedingten Effizienzsteigerungen, der Öffnung des Marktes für neue Akteure und neuen Chancen für technologische Entwicklungen. Risiken sind die Gefahr oligopolistischer Strukturen, die Gefährdung ökologisch vorteilhafter Energieanlagen durch Verdrängungswettbewerb, der Verlust von Arbeitsplätzen sowie Forschungs- und Investitionshemmnisse durch eine unsichere Preisentwicklung und

---

[3] Sondervotum des Abg. Kurt-Dieter Grill: Der IPCC-Bericht gibt nur eine Mehrheitsmeinung der Forscher wieder, lässt aber immer noch Fragen hinsichtlich Ursache, Entwicklung und Folgen von Klimaänderungen offen.

[4] Minderheitsvotum des Kommissionsmitglieds der Fraktion der PDS einschließlich des von ihr benannten Sachverständigen Prof. Dr. Jürgen Rochlitz: Die Prozesse der Globalisierung und Liberalisierung führen nach unserer Auffassung von jedem Ansatz der Nachhaltigkeit weg.

hohe Risiken. Insofern bedarf die Frage, mit welchen konkreten Ausprägungen von Liberalisierung Wettbewerb gesichert und nachhaltige Energiesysteme befördert werden können, einer regelmäßigen empirischen Überprüfung und Evaluierung. Vor diesem Hintergrund stellte die Kommission in ihrem Ersten Bericht fest, dass Wettbewerb und Regulierung grundsätzlich keinen Widerspruch darstellen. Vielmehr muss das Energiesystem und der Wettbewerb im Energiesektor durch Ausübung des Primats der Politik mit Hilfe einer geeigneten Rahmensetzung auf das Zielsystem einer nachhaltig-zukunftsfähigen Energieversorgung orientiert werden.[5]

(17) Im vorliegenden Endbericht der Enquete-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und der Liberalisierung“ wird zunächst im Kapitel 2 als Grundlage für die weitere Konkretisierung der Entwicklungsziele die Definition des Leitbildes nachhaltig-zukunftsfähige Entwicklung im Energiebereich noch einmal aufgegriffen. Eine konkrete Beschreibung der Ziele für die zukünftige Gestaltung des Energiebereichs und die damit in Wechselwirkung stehenden Entwicklungen in Wirtschaft und Gesellschaft ergeben insgesamt eine positive Vision für eine nachhaltige Energiewirtschaft im Zieljahr 2050.

(18) Die zukünftigen Entwicklungen der geopolitischen, internationalen und europaweiten Rahmenbedingungen in Kapitel 3 bilden den Hintergrund für Umfang, Art und Struktur der Bereitstellung von Energiedienstleistungen und der Energieversorgung in Deutschland. Auch wenn aufgrund des langen Prognosezeitraums bis 2050 Projektionen über zukünftige Entwicklungen mit erheblichen (quantitativen) Unschärfen und Unsicherheiten verbunden sind, so haben die Analysen der Enquete-Kommission dennoch gezeigt, dass es eine große Bandbreite von robusten Entwicklungslinien und (politischen) Entscheidungsalternativen gibt, mit denen schon heute Weichenstellungen und eine maßgebliche Einflussnahme auf die Entwicklungen im Energiebereich in Richtung Nachhaltigkeit genommen werden kann.

(19) Um richtungssichere Entscheidungen herbeizuführen, ist eine Abschätzung der CO_2-Minderungspotenziale (Umfang, Grad und Zeiträume der Erschließbarkeit) in den verschiedenen Bereichen des Energiesektors besonders wichtig. Die Kommission geht im Kapitel 4 des vorliegenden Berichts unter anderem auf die Potenziale im Industrie-, Gewerbe-, Handels- und Dienstleistungssektor, beim Verbrauch privater Haushalte und im Energieumwandlungssektor einschließlich der erneuerbaren Energien sowie im Verkehr ein. Aber auch die durch verstärkten Einsatz von Informationstechnologien, Erhöhung der Materialeffizienz, Verhaltens- und Lebensstiländerungen und viele andere Maßnahmen erschließbaren Potenziale werden beschrieben und so weit wie möglich quantifiziert. Der Verkehrssektor ist nach einhelliger Auffassung der Enquete-Kommission einer der wichtigsten Sektoren im Kontext einer nachhaltigen Entwicklung. Die Energie-Enquete-Kommission hat sich darauf verständigt, den Sektor Verkehr nur in dem begrenzten Umfang und in der Tiefe zu untersuchen, wie es für die Analyse von energiebezogenen Langfristszenarien unumgänglich ist. Dabei konnten jedoch wesentliche Rahmenbedingungen, Determinanten, Auswirkungen und Umsetzungsschritte für ein nachhaltiges Verkehrssystem nicht diskutiert werden.

(20) Die Kommission hat gemäß Einsetzungsbeschluss die Aufgabe, Strategien zu entwickeln, wie für einen Industriestaat wie Deutschland eine Reduzierung der energiebedingten Treibhausgasemissionen um 40 % bis zum Jahre 2020 und um 80 % bis zum Jahre 2050 möglich ist und konkrete politische Handlungsvorschläge für die nächsten Jahre dem Bundestag zu empfehlen.

(21) Basis für Aussagen über die möglichen Entwicklungspfade („Energiezukünfte“) Deutschlands bildet die detaillierte Beschreibung der nationalen Energieumwandlungs- und -nutzungsstruktur. In Kapitel 5 werden verschiedene Entwicklungswege bis 2050 in Szenarien unter Annahme möglichst einheitlicher Rahmenbedingungen (demographische und wirtschaftliche Entwicklung, Kosten und Preise) aber verschiedener technischer und ökonomischer Ausprägungen (z. B. Basisdaten für Energietechnologien, Erschließung technischer und wirtschaftlicher Energiespar- und CO_2-Minderungspotenziale, Beeinflussung durch politische Entscheidungen, etc.) beschrieben. Als Grundlage für das Referenzszenario (Kapitel 4.2) diente das entsprechende Szenario aus dem Energiereport III von PROGNOS, das bis zum Jahr 2050 fortgeschrieben wurde. Die Kommission hatte sich darauf verständigt, dass die Kommissionsmehrheit von SPD und Bündnis 90/Die Grünen die Szenarien 1 „Umwandlungseffizienz“ und 2 „REG/REN-Ausbau“, die Minderheit von CDU/CSU und FDP das Szenario 3 „fossil-nuklearer Energiemix“ definiert. In die drei Szenarien sind eine Fülle von Annahmen u. a. zur Kosten- und Technologieentwicklung von Energieträgern und Energietechnologien eingeflossen. Die Szenarien wurden überwiegend in Modellkonkurrenz zwischen dem Institut für Energiewirtschaft und rationelle Energieanwendung (IER), Stuttgart, und dem Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie (WI), Wuppertal, durchgerechnet und wechselseitig kommentiert. Der Dissens über bestimmte Annahmen, aber auch ein sich während der Szenarienarbeit weit differenzierendes Erkenntnisinteresse führten zur Berechnung von drei weiteren Varianten.

(22) Auch wenn Szenarien letztlich nur in sich konsistente „Wenn-dann“-Analysen und insofern transparentere Bilder möglicher Zukünfte liefern können, so schaffen sie doch bessere Voraussetzungen zur Beurteilung der technisch-wirtschaftlichen Machbarkeit bestimmter Entwicklungspfade und ihrer Implikationen für eine nachhaltig-zukunftsfähige Entwicklung.

(23) Die Resultate der Berechnungen werden mit Hilfe ausgewählter Nachhaltigkeitsindikatoren vergleichend bewertet. Dieses ermöglicht in der Abwägung der drei

[5] Minderheitsvotum des Kommissionsmitglieds der Fraktion der PDS einschließlich des von ihr benannten Sachverständigen Prof. Dr. Jürgen Rochlitz: Zu den abweichenden Auffassungen zu Liberalisierung und Globalisierung sei auf das Sondervotum der PDS-Fraktion zum Kapitel 4.3 des Ersten Berichts der Kommission hingewiesen.

Dimensionen mit Hilfe ihrer Indikatoren Grundsatzentscheidungen für einen Entwicklungspfad, der sich – mit einer gewissen Bandbreite – aus den Szenarien ableiten lässt.

(24) Für ihre politische Umsetzung bedarf es einer umfassenden – und zunächst instrumentenunabhängigen – Strategie und nachfolgend der Auswahl geeigneter Instrumente bzw. eines zielführenden Instrumentenmixes (Kapitel 6). Um die langfristigen Nachhaltigkeitsziele durchzusetzen, hat sich die Kommission auf die wichtigsten politischen Strategien für eine nachhaltig-zukunftsfähige Entwicklung des Energiebereiches verständigt. Sie dienen als Leitlinie für die Diskussion der Instrumente. Neben der Analyse der Spannungsfelder zwischen nationalen und internationalen Handlungsnotwendigkeiten und -möglichkeiten bzw. Interessen sowie zwischen Wettbewerb und staatlicher Regulierung wurde hier die Rolle von Umwelt- und Klimaschutz als Innovationsmotor besonders berücksichtigt.

(25) Diese Analyse von Notwendigkeiten, Handlungsfeldern, Spielräumen und Optionen für politisches Handeln ist notwendig für die Ableitung von Handlungsempfehlungen für die zukünftige Energiepolitik (Kapitel 7). Diese Empfehlungen orientieren sich an den erarbeiteten Zielen, Visionen und Leitbildern für eine nachhaltig-zukunftsfähige Energieversorgung zunächst Deutschlands, gelten aber – gegebenenfalls in modifizierter Form – auch im globalen Kontext. Im Hinblick auf den langfristigen Betrachtungshorizont der Enquete-Kommission sind v. a. die Empfehlungen zu infrastrukturellen Weichenstellungen bereits heute von entscheidender Bedeutung. Angesichts der Schwierigkeit, jenseits eines Zeithorizonts von 20 Jahren technologische Entwicklungen mit hinreichender Sicherheit einschätzen zu können, geben manche Empfehlungen der Enquete-Kommission eher die grundsätzliche Richtung an als im Detail der Entwicklung vorgreifen zu wollen.

(26) Zum Aufbau neuer Infrastrukturen und Versorgungssysteme ist ein Zusammenwirken aller politischen und gesellschaftlichen Kräfte notwendig. Wenn eine Neuorientierung erforderlich ist, auf mittlere und lange Sicht ganze Sektoren grundlegend umstrukturiert werden müssen, wenn neue Brennstoffe und Versorgungstechniken etabliert werden sollen und dieser Prozess sich von heute aus über mehrere Jahrzehnte erstreckt, dann muss frühzeitig Klarheit über das Ziel und die Zwischenetappen bestehen, um Investitionen und Forschungsanstrengungen in die richtigen Richtungen zu leiten. Diese Klarheit zu schaffen, die Spielräume aufzuzeigen und Leitlinien für eine nachhaltig-zukunftsfähige Energiepolitik zu definieren, sollte mit dem hiermit vorliegenden Endbericht dieser Enquete-Kommission auf eine solidere Grundlage gestellt worden sein.

(27) Mit der eingehenden Bestandsaufnahme und Analyse aller Grundlagen und Rahmenbedingungen, dem Abstecken der Handlungsspielräume und der Entwicklung von Zielvorstellungen, Visionen, möglichen Entwicklungspfaden und detaillierten Handlungsempfehlungen hat die Enquete-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und der Liberalisierung“ die ihr vom Deutschen Bundestag übertragene Aufgabe erfüllt, den Beitrag Deutschlands für eine nachhaltig-zukunftsfähige Entwicklung im Energiebereich für den Weltgipfel in Johannesburg in der zweiten Jahreshälfte 2002 zu beschreiben.

0.2 Arbeitsweise der Enquete-Kommission[6]

0.2.1 Zusammensetzung

(28) Die Enquete-Kommission setzte sich aus 13 Mitgliedern des Deutschen Bundestages und aus 13 Sachverständigen zusammen.

Vorsitzender:	Kurt-Dieter Grill (CDU/CSU)
Stellvertretender Vorsitzender:	Rolf Hempelmann (SPD)

Abgeordnete

Mitglieder aus der Fraktion der SPD	**Stellv. Mitglieder aus der Fraktion der SPD**
Dr. Axel Berg **(Obmann)**	Norbert Formanski
Rainer Brinkmann (Detmold)	Volker Jung (Düsseldorf)
Prof. Monika Ganseforth	Horst Kubatschka
Hubertus Heil	Michael Müller (Düsseldorf)
Rolf Hempelmann	Dietmar Nietan
Ulrich Kasparick	Dr. Hermann Scheer
Mitglieder aus der Fraktion der CDU/CSU	**Stellv. Mitglieder aus der Fraktion der CDU/CSU**
Dr. Ralf Brauksiepe	Axel E. Fischer (Karlsruhe-Land)
Kurt-Dieter Grill	Dr. Jürgen Gehb
Prof. Dr. Paul Laufs	Ulrich Klinkert
Franz Obermeier **(Obmann)**	Dr. Michael Meister
Mitglied aus der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN	**Stellv. Mitglied aus der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN**
Michaele Hustedt **(Obfrau)**	Hans-Josef Fell
Mitglied aus der Fraktion der FDP	**Stellv. Mitglied aus der Fraktion der FDP**
Walter Hirche **(Obmann)**	Birgit Homburger
Mitglied aus der Fraktion der PDS	**Stellv. Mitglied aus der Fraktion der PDS**
Eva Bulling-Schröter **(Obfrau)**	Rolf Kutzmutz

[6] Sondervotum des Abg. Walter Hirche sowie der Sachverständigen Dr. Hans Jörg Henne, Prof. Dr. Dieter Schmitt und Prof. Dr.-Ing. Alfred Voß zu Kapitel 0.2 siehe am Ende des Kapitels.

Sachverständige

Dipl.-Ing. Detlef Frank (bis 9. Juni 2001)
BMW AG, München

Dipl.-Math. Jürgen-Friedrich Hake (ab 16. Februar 2001)
Forschungszentrum Jülich

Dr. Hans Jörg Henne
BASF AG, Ludwigshafen

Prof. Dr. Peter Hennicke
Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie

Prof. Dr. Eberhard Jochem (bis 12. November 2001)
Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung, Karlsruhe

Dr. Reinhard Klopfleisch (ab 16. Mai 2001)
ver.di Bundesvorstand, Berlin

Harry Lehmann
Sustainable Solutions and Innovations, Aachen

Prof. Dr. Uwe Leprich (ab 13. November 2001)
Institut für ZukunftsEnergieSysteme, Saarbrücken

Dr. Felix Christian Matthes
Öko-Institut, Berlin

Dr. Wolfgang Palz
bis November 2001 Europäische Kommission, Brüssel

Prof. Dr. Jürgen Rochlitz
Fachhochschule Mannheim

Prof. Dr. Volker Schindler (ab 10. Juni 2001)
Technische Universität Berlin

Prof. Dr. Dieter Schmitt
Universität-Gesamthochschule Essen

Prof. Dr. Rolf Theenhaus (bis 15. Februar 2001)
Forschungszentrum Jülich

Prof. Dr. Alfred Voß
Universität Stuttgart

Prof. Dr. Franz-Josef Wodopia (bis 15. Mai 2001)
Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie, Hannover

Dr. Hans-Joachim Ziesing
Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Berlin

Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Fraktionen

SPD	Dieter Uh, Dipl.-Ing.
CDU/CSU	Astrid Ingenhag, Rechtsanwältin
BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN	Annette Piening
	Dr. Ursula Fuentes Hutfilter
	Andree Böhling
FDP	Sigrid H. Giersch
PDS	Heiko Balsmeyer

Die Kommission wurde in organisatorischer und wissenschaftlicher Hinsicht durch ein Sekretariat unterstützt.

Leiter des Sekretariats:	MR Dr. Norbert Paschmanns
Stellv. Leiterin	BiblDn Dr. Doris Schawaller
Wissenschaftliche Mitarbeiter/in:	Dr.-Ing. Jens Biet, Dipl.-Ing.
	Ruth Brand, M. A.
	(ab 22. Oktober 2001)
	Prof. Dr. Erik Gawel, Dipl.-Volksw.
	(bis 31. August 2001)
	Dr. Holger Schlör, Dipl.-Volksw.
	(bis 31. März 2002)
	Christine Wörlen, Dipl.-Geoökologin
Organisatorische Aufgaben:	ROI Thomas Schlegel, Dipl.-VerwW. (FH)
Sekretariatsaufgaben:	Gabriele Seidel
	Nancy Kalz

0.2.2 Arbeitsplan

(29) Zur Umsetzung ihres Einsetzungsauftrags hatte die Kommission ein Arbeitsprogramm beschlossen, das die Arbeitsschwerpunkte festlegt. Das Arbeitsprogramm sah folgende Schwerpunkte vor:

- Verständigung über Nachhaltigkeitsziele und -regeln für den Energiebereich, globale, europäische und nationale Situationsanalyse und Perspektiven,
- Analyse der verschiedenen Optionen und Potenziale der künftigen Energieversorgung und -nutzung im Hinblick auf Nachhaltigkeit,
- Analyse von Instrumenten und Handlungsmöglichkeiten für eine nachhaltige Energieversorgung,
- Energieszenarien – Ausgestaltung einer nachhaltigen Energieversorgung Deutschlands im europäischen und globalen Kontext und
- Empfehlungen für die Umsetzung von Strategien für eine nachhaltige Energieversorgung.

0.2.3 Beratungsverlauf

(30) Die Kommission führte in der Zeit von ihrer Konstituierung am 13. März 2000 bis zur Verabschiedung des Endberichts in der Sitzung am 24. Juni 2002 65 Sitzungen durch. Daneben fanden zur Vorbereitung der Kommissionsarbeit zahlreiche Arbeitsgruppensitzungen statt.

(31) Es wurden acht Anhörungen, sechs Klausurtagungen sowie vier Delegationsreisen nach Brüssel, New York, Russland und Argentinien durchgeführt. Im Rahmen eines Gegenbesuchs wurde eine Delegation der Russischen Staatsduma empfangen.

0.2.4 Öffentliche Anhörungen

(32) Es wurden öffentliche Anhörungen zu folgenden Themen durchgeführt:

- „Konkretisierung und Operationalisierung des Leitbildes Nachhaltige Entwicklung für das Aktivitätsfeld Energie“ am 19. September 2000
- „Klimawandel“ am 16. Oktober 2000
- „Weltweite Entwicklung der Energienachfrage und der Ressourcenverfügbarkeit“ am 17. Oktober 2000
- „Auswirkungen der Liberalisierung und der Globalisierung auf die Energiemärkte unter besonderer Berücksichtigung der EU-Osterweiterung“ am 30. und 31. Oktober 2000
- „Neue Institutionen zur Bewältigung globaler Umwelt- und Energieprobleme und Probleme bei der Finanzierung von Projekten zur Energieversorgung in den Entwicklungs- und Transformationsländern“ am 19. November 2001
- „Innovative Energietechnologien und -systeme“ am 20. November 2001
- „Verhaltensbedingte Energieeinsparpotenziale“ am 20. November 2001
- „Mobilität und Verkehr“ am 6. Dezember 2001

0.2.5 Studien und Gutachten

(33) Die Enquete-Kommission hat mehrere Studien und Gutachten zu ihrem Aufgabenkreis vergeben:

(34) „WTO/GATT – Rahmenbedingungen und Reformbedarf für die Energiepolitik sowie die Rolle der Entwicklungspolitik im Kontext einer außenhandels- und klimapolitischen Orientierung“. Durchführung: Hamburgisches Weltwirtschafts-Archiv (HWWA)

In dem Gutachten wurde untersucht, ob die Liberalisierung des weltweiten Handels im Widerspruch zu dem Ziel einer nachhaltigen Energieversorgung steht und ob es aufgrund des zunehmenden Standortwettbewerbs zwischen den Nationen zu einer Beschränkung der wirtschaftlichen und politischen Handlungspielräume in der nationalen Energie- und Umweltpolitik kommt.

(35) „Liberalisierung der Strom- und Gasmärkte und ihre Auswirkungen auf die klimapolitischen Ziele“. Durchführung: Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln (EWI)

In dem Gutachten wurde der Frage nachgegangen, ob es aufgrund der Veränderungen auf dem Energiemarkt infolge der Liberalisierung zu einem Mehr- oder Minderbedarf von Energie kommt und inwieweit die Liberalisierungsauswirkungen den energie- und klimapolitischen Zielkonflikt beeinflussen.

(36) „Instrumentenvergleich“ (Kyoto-Instrumente) Durchführung: Öko-Institut e. V. (federführend) und Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW)

In dem Gutachten wurden die wesentlichen Ausprägungen, Einsatzbereiche, Vorbedingungen und Wirkungsmechanismen der Kyoto-Instrumente analysiert und miteinander verglichen.

(37) „Systematisierung der Potenziale und Optionen“. Durchführung: Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (FhG-ISI) (federführend) und Forschungszentrum Jülich, Programmgruppe Systemforschung und Technologische Entwicklung (STE)

In dieser Studie wurde eine detaillierte Analyse der langfristigen technischen Perspektiven der Energieversorgung und -nutzung, aufbauend auf den Vorarbeiten der Enquete-Kommission „Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre“ des 11. Deutschen Bundestages, erarbeitet. Ressourcen- und emissionsbezogene Einsparpotenziale, gesellschaftliche und betriebswirtschaftliche Kosten, Hindernisse und Risiken von Zukunftstechnologien wurden quantitativ erfasst und bewertet.

(38) „Energieszenarien – Ausgestaltung einer nachhaltigen Energieversorgung im europäischen und globalen Kontext“. Durchführung: PROGNOS AG (Basel) (federführend) in Zusammenarbeit mit dem Wuppertal-Institut für Umwelt, Klima, Energie und dem Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), Universität Stuttgart

In dem Gutachten wurden im Rahmen einer quantitativen Szenarienanalyse mögliche Wege einer nachhaltigen Entwicklung des Energiesystems skizziert, um für den politischen Willensbildungsprozess zur künftigen Energiepolitik eine belastbare, an wissenschaftlich-systematischen Kriterien orientierte Beratungsgrundlage zu schaffen. Die Szenarienanalysen wurden zur Bewertung von Entwicklungspfaden des Energiesystems herangezogen, die auf der Grundlage der von der Enquete-Kommission erarbeiteten Nachhaltigkeitsindikatoren erfolgt.

(39) „Synoptische Analyse vorliegender Studien in Bezug auf den Trend bzw. die Reduktionspotenziale von CO_2-Emissionen im Verkehr". Durchführung: Forschungszentrum Jülich, Programmgruppe Systemforschung und Technologische Entwicklung (STE).

Gegenstand des Gutachtens war die synoptische Analyse verschiedener vorliegender Studien, die Aussagen zur Verkehrsentwicklung treffen, in Bezug auf den Trend bzw. die Minderungspotenziale von Kohlendioxid- (CO_2-)Emissionen im Verkehr.

0.2.6 Schlussbemerkungen

(40) Die Kommissionsmehrheit der Fraktionen von SPD und BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN sowie die von ihnen benannten Sachverständigen sind unter Abwägung aller Gesichtspunkte der Auffassung, dass es richtig war, die Arbeit der Enquete-Kommission in dieser Legislaturperiode nicht faktisch mit einem weiteren Zwischenbericht abzuschließen und einen umfassenderen (End-) Bericht mit dem Vorhaben einer temporären Neuauflage der Enquete-Kommission vage in die nächste Legislaturperiode zu verschieben. Gleichwohl gibt es eine Reihe von Aspekten, die ein unbefriedigendes Gefühl zurücklassen. Zwei Gesichtspunkte erscheinen dabei vor allem hervorhebenswert.

(41) Erstens und generell ist dies der erhebliche Zeitdruck, unter dem die Arbeit der Kommission gestanden hat – sicher auch eine Folge der Tatsache, dass die Kommission ihre Tätigkeit erst sehr spät, nämlich nicht lange vor der Hälfte der Legislaturperiode aufgenommen hat. Daher standen der Kommission faktisch kaum mehr als zwei Jahre zur Behandlung der ihr übertragenen überaus komplexen Fragestellungen zur Verfügung. Dieser Zeitrahmen war auch deshalb besonders einengend, weil das Budget zur Einbindung externen Sachverstandes über Studien und Gutachten – im Unterschied zu vorangegangenen Enquete-Kommissionen zu ähnlichen Themenstellungen – außerordentlich begrenzt war, so dass letztlich der bei weitem größte Teil der inhaltlichen und auch redaktionellen Arbeiten von den Sachverständigen – vor allem von denjenigen, die von der Koalition benannt worden waren – geleistet werden musste. Dies ist auch insofern besonders hervorhebenswert, weil der thematische Rahmen der Arbeiten außerordentlich breit angelegt war.

(42) Zweitens erscheint das in der Kommission verabredete Verfahren zur Erarbeitung des Endberichtes im Nachhinein als problematisch, wenn nicht sogar als fatal. Anders als beim Ersten Bericht der Kommission (Bundestagsdrucksache 14/7509), der weitgehend in Arbeitsgruppen, in denen alle Positionen vertreten waren, textlich vorbereitet und diskutiert sowie schließlich im Plenum im Detail diskutiert und verabschiedet worden ist, sollten Textentwürfe für den Endbericht zunächst von den Koalitionsfraktionen von SPD und BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN sowie den von ihnen benannten Sachverständigen vorgelegt werden. Damit einher ging die Restriktion, dass in einer solchen Konstellation auch die Ressourcen des Sekretariats nur unzureichend genutzt werden konnten. Dieses ursprünglich zur Beschleunigung der Endberichtsfertigung gedachte Verfahren hat sich aus unserer Sicht aus zwei Gründen als fatal erwiesen: Auf der einen Seite konzentrierte sich damit die wesentliche Vorbereitungsarbeit auf nur einen, wenn auch den mehrheitlichen Teil der Kommission, von dem implizit auch noch erwartet wurde, denkbare (vielfach aber gar nicht oder nur unscharf bekannte oder formulierte) Positionen der Kommissionsminderheit schon von vornherein zu berücksichtigen. Auf der anderen Seite – und dieses Argument wiegt unseres Erachtens am schwersten – kam es durch dieses Verfahren im Plenum der Kommission praktisch zu keiner Auseinandersetzung über Inhalte des Endberichtes. Eine gewisse Ausnahme hiervon machten die Klausursitzungen der Kommission, auf denen punktuell inhaltliche Diskussionen geführt worden sind. Dagegen beschäftigten sich die üblichen Plenumssitzungen eher mit formalen, verfahrenstechnischen Fragen, die zum großen Teil auch in den Obleutegesprächen hätten geklärt werden können.

(43) Zwar hat zur fehlenden inhaltlichen Diskussion auch beigetragen, dass die Textentwürfe nicht zuletzt wegen des zuvor erwähnten Zeitdruckes, der teilweise erst spät zur Verfügung stehenden Studienergebnisse und der auch aus anderen Gründen ja nicht beliebigen zeitlichen Verfügbarkeit der Sachverständigen, auf die sich die Arbeiten im wesentlichen konzentrierten, teilweise mit Verspätung ins Plenum eingebracht werden konnten. Festzustellen ist aber wohl auch, dass seitens der Kommissionsminderheit von CDU/CSU und FDP mit den von ihnen benannten Sachverständigen wenig flexibel, kooperativ und diskussionsbereit auf diese Situation reagiert wurde. Nur in wenigen Fällen wurde auf die seit Anfang des Jahres Zug um Zug vorgelegten Texte schriftlich oder im Detail reagiert (derartige Rückäußerungen haben überwiegend Eingang in den Text gefunden). Vielmehr beschränkten sich inhaltliche Rückmeldungen der Kommissionsminderheit von CDU/CSU und FDP entweder auf den Hinweis, dass dies persönliche Auffassungen seien oder dass die – nicht weiter spezifizierte – Grundhaltung der Texte generell nicht geteilt würde.

(44) Dies ist auch insofern nur schwer verständlich bzw. hinnehmbar, als in den Texten eine Vielzahl von Diskussionen und Anregungen zu Themenstellungen aufgenommen wurden, die bei der Erstellung des Ersten Berichtes diskutiert worden waren. Die fehlende Diskussionsbereitschaft der Kommissionsminderheit von CDU/CSU und FDP und einigen der von ihnen benannten Sachverständigen ist auch insofern außerordentlich bedauerlich, als gerade im Bereich der internationalen Entwicklungen und Politiken sowie im Bereich wettbewerblicher Strukturen und Instrumente die von der Kommissionsmehrheit erarbeiteten und

vorgelegten Texte eine ganze Reihe neuer Themenstellungen behandeln, die so bisher nicht aufgearbeitet worden waren.

(45) Damit wurde aber gerade dem Sinn einer Enquete-Kommission, der ja vor allem auch in der offenen inhaltlichen Diskussion unterschiedlicher Auffassungen liegt, kaum noch Rechnung getragen.

(46) Unverständlich ist schließlich die Tatsache, dass nunmehr die Kommissionsminderheit von CDU/CSU und FDP mit den von ihnen benannten Sachverständigen ohne überhaupt sonderlich auf die einzelnen Ausführungen im Endbericht einzugehen, der von den Koalitionsfraktionen mit den von ihnen benannten Sachverständigen ja schließlich zur inhaltlichen Diskussion ins Plenum eingebracht wurde, schlichtweg einen umfassenden eigenen Text (und nicht Minderheitsvoten, die sich konkret mit Ausführungen des Endberichts auseinandersetzen) angefügt wissen will, auch wenn ihr dieses Recht natürlich zusteht. Im Übrigen ist gerade angesichts der weithin ausgebliebenen Diskussion das damit verbundene asymmetrische Vorgehen aus unserer Sicht nur schwer akzeptierbar. Immerhin hatte die Kommissionsminderheit von CDU/CSU und FDP mit den von ihnen benannten Sachverständigen – von einigen zeitlichen Engpässen abgesehen – ausreichend Gelegenheit, die Endberichtsentwürfe der Koalitionsfraktionen mit den von ihnen benannten Sachverständigen (wenn auch teilweise nicht bis ins Letzte vollständig, was eingeräumt werden soll) zur Kenntnis zu nehmen und darauf zu reagieren. Auf den nunmehr von der Minderheit vorgelegten „alternativen“ Endberichtstext hatte demgegenüber kein anderes Kommissionsmitglied überhaupt die Chance einer Reaktion.

(47) Aus unserer Sicht hätte man diese durchaus verfahrene Situation zumindest in einigen Teilen – wenn schon nicht gänzlich – vermeiden, zumindest aber an einigen Stellen mildern können, wenn sich die Kommission mit Zustimmung der Fraktionen noch über die Sommerpause hätte Zeit nehmen können, um alle Texte noch einmal sorgfältig durchgehen und redigieren zu können und den Endbericht dann auf einer letzten Plenarsitzung im September (mit allen Minderheits-, Sonder-, Alternativ- und sonstigen Voten der Kommissionsmitglieder) zu verabschieden. Diese Zeit wäre aus unserer Sicht ohnehin angebracht gewesen, denn – unbeschadet der inhaltlichen Zustimmung zu dem von den Koalitionsfraktionen mit den von ihnen benannten Sachverständigen vorgelegten Endbericht – wäre es nur „normal“, einen schließlich mehrere hundert Seiten umfassenden Text vor der endgültiger Drucklegung noch einmal einem sorgfältigen Lektorat zu unterziehen. Wir bedauern es, dass diese Chance nicht mehr bestanden hat.

Sondervotum zu Kapitel 0.2

Sondervotum des Abg. Walter Hirche sowie der Sachverständigen Dr. Hans Jörg Henne, Prof. Dr. Dieter Schmitt und Prof. Dr.-Ing. Alfred Voß

Der Deutsche Bundestag hat die Enquete-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und der Liberalisierung“ mit dem Auftrag eingesetzt, „den Beitrag Deutschlands zur Umsetzung der Nachhaltigkeitsziele von Rio (Agenda 21) zu entwickeln“. Dazu sollten „Trends, Ziele und Gestaltungsspielräume national, europäisch und im globalen Rahmen“ aufgezeigt werden. Eine wesentliche Teilaufgabe war die „Darstellung und Analyse verschiedener Optionen zur Entwicklung und Struktur des Energiemix in Deutschland sowie zur Struktur der künftigen Energieversorgung vor dem Hintergrund wirtschaftlich belastbarer Anpassungserfordernisse, insbesondere unter Berücksichtigung der jeweiligen Risikobewertung, im Zuge des Klimaschutzes bzw. einer nachhaltigen Entwicklung der Industriegesellschaft“.

Nach mehr als zweijähriger Arbeit müssen wir feststellen, dass der zur Erfüllung des Auftrags notwendige diskursive Prozess über die komplexen Sachfragen einer nachhaltigen Energieversorgung nicht im erforderlichen Umfang stattgefunden hat. Dies gilt insbesondere im Hinblick auf die von der Kommission in Auftrag gegebenen szenariogestützten Analysen und die daraus abzuleitenden Strategien und Handlungsempfehlungen für eine auf Nachhaltigkeit ausgerichtete Energiepolitik. Es wäre der Sache und dem Auftrag dienlicher gewesen, die Arbeit der Kommission nicht mit einem formalen Endbericht ohne die erforderliche Sachdiskussion abzuschließen, sondern die Empfehlung auszusprechen, die Beratungen in der nächsten Legislaturperiode wieder aufzunehmen und einen für den politischen Willensbildungsprozess angemessenen inhaltlichen Diskurs zu diesen für die Zukunft unseres Landes zentralen Frage sicherzustellen.

1 Zusammenfassung[1, 2, 3, 4]

1.1 Die wichtigsten Ergebnisse

Einvernehmliche[5] Feststellung: Das gegenwärtige Energiesystem ist nicht nachhaltig

(48) Der Deutsche Bundestag hat im Februar 2000 die Enquete-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und der Liberalisierung“ eingesetzt. Der Kommission wurde der Auftrag erteilt, dem Bundestag für die energiepolitischen Entscheidungen der Zukunft eine wissenschaftlich fundierte Grundlage zu liefern.

Laut Einsetzungsbeschluss sollen dazu für den Zeitraum bis 2050 „robuste“, nachhaltig-zukunftsfähige Entwicklungspfade im Energiesektor und politische Handlungsmöglichkeiten angesichts zunehmender Umwelt- und Entwicklungsprobleme unter den veränderten Rahmenbedingungen von Globalisierung und Liberalisierung aufgezeigt werden. Der Endbericht der Kommission stellt einen Beitrag Deutschlands zur Umsetzung der Nachhaltigkeitsziele von Rio (Agenda 21) im Energiebereich dar.

(49) In ihrem Ersten Bericht (Bundestagsdrucksache 14/7509) hat die Kommission u. a. den Nachhaltigkeitsbegriff konkretisiert und operationalisiert, den aktuellen wissenschaftlichen Sachstand zum Klimawandel (Treibhauseffekt) und zur Ressourcen- und Reservensituation fossiler Energieträger erörtert. Auf dieser Basis kam die Kommission zu der einvernehmlichen Feststellung, dass das gegenwärtige Energiesystem nicht nachhaltig ist.[6] Diese Einschätzung beruht maßgeblich darauf, dass die heutige Energiebereitstellung und -nutzung in großem Umfang Umweltkosten negiert, Raubbau an knappen Ressourcen betreibt und Risikoaspekten zu geringe Beachtung schenkt.[7] Ein weiterer wichtiger Aspekt der Nicht-Nachhaltigkeit des heutigen Energiesystems besteht darin, dass für große Teile der Weltbevölkerung die für die notwendige wirtschaftliche und soziale Entwicklung benötigten Energiedienstleistungen nicht oder nur ungenügend zur Verfügung stehen.

Enquete-Kommission bestätigt: Eine nachhaltig-zukunftsfähige Energieversorgung ist technisch machbar sowie wirtschaftlich vorteilhaft

(50) Die Kommission hat zur Einschätzung der Chancen einer nachhaltig-zukunftsfähigen Entwicklung bis zum Jahr 2050 wirtschaftliche und technische Potenziale sowie praktische und politische Handlungsoptionen untersucht. Dazu sind 14 Szenarien und Varianten mit unterschiedlichen Annahmen und Realisierungsperspektiven für Deutschland erarbeitet worden. Diese Szenarien sowie die Auswertung weiterer für die Kommission durchgeführter Studien lassen die Kommission zu dem Ergebnis gelangen, dass in einem modernen Industrieland eine Minderung der Treibhausgas-Emissionen um 80 % technisch realisierbar[8] und wirtschaftlich machbar[9] ist, auch unter Berücksichtigung des vereinbarten Ausstiegs aus der Kernenergie.[10] Die konkrete Realisierung dieses zur Stabilisierung des Weltklimas erforderlichen Minderungsziels wird mit drei Szenarien untersucht. In einem ersten Szenario wird der Schwerpunkt vor allem auf die Emissionsminderung im Umwandlungssektor – unter Einbeziehung von CO_2-Abtrennung und -Deponierung – gelegt. Das zweite Szenario ist v. a. durch die massive Erhöhung der Effizienz des Energiesystems und die konsequente Markteinführung erneuerbarer Energien gekennzeichnet. Die Kommission hat auf Anregung der Minderheit von CDU/CSU und FDP ein drittes Szenario definiert, in dem für das 80 %-Reduktionsziel der Ausbau der Kernenergienutzung zugelassen wird, was im Ergebnis zum Neubau von 50 bis 70 Atomkraftwerken führt.[11]

---

1 Minderheitsvotum der Kommissionsmitglieder von CDU/CSU und FDP: Aufgrund des in wesentlichen Punkten unterschiedlichen methodischen und inhaltlichen Ansatzes und der daraus resultierenden Ergebnisse und Bewertungen, die zum Teil diametral zu den Resultaten des Endberichtes der Mehrheit der Kommissionsmitglieder stehen – vgl. hierzu Minderheitsvotum, insbesondere Kapitel 1 und 7.

2 Minderheitsvotum des Kommissionsmitglieds der Fraktion der PDS einschließlich des von ihr benannten Sachverständigen Prof. Dr. Jürgen Rochlitz siehe am Ende des Kapitels.

3 Sondervotum des Sachverständigen Prof. Dr. Alfred Voß zu Kapitel 1.5 siehe am Ende des Kapitels.

4 Sondervotum des Sachverständigen Prof. Dr. Schindler: Kapitel 1 ist in der letzten Sitzung am 24.06.02 erstmalig vorgelegt worden. Demzufolge war eine eingehende Befassung und Auseinandersetzung für die Minderheitsfraktion nicht mehr möglich.

5 Sondervotum des Sachverständigen Prof. Dr. Dieter Schmitt: Zu dieser „einvernehmlichen Feststellung“ kamen weder die Mitglieder der Enquete-Kommission noch gibt es einen eindeutigen und von allen akzeptierten Sachstand in der wissenschaftlichen Diskussion.

6 Sondervotum des Abg. Kurt-Dieter Grill: Diese Feststellung trifft in dieser Absolutheit nicht zu, sondern nur, wenn keine Korrekturen erfolgen. Unser Energiesystem hat und wird seine Wandlungsfähigkeit unter Beweis stellen.

7 Sondervotum des Abg. Dr. Ralf Brauksiepe: Hier werden weder wirtschaftliche noch soziale Belange in die Betrachtung mit einbezogen.

8 Sondervotum des Abg. Prof. Dr. Paul Laufs: Unberücksichtigt bleibt hier, dass ein national isoliertes Vorgehen angesichts der globalen Dimension des Problems allein nicht genügt.

9 Sondervotum des Abg. Kurt-Dieter Grill: Der Begriff „wirtschaftlich machbar“ ist irreführend, da suggeriert wird, dass solche Ziele ohne ökonomische Folgen erreicht werden können. Im Gegenteil sind aber erhebliche volkswirtschaftliche Belastungen zum Nachteil des Wirtschaftsstandortes Deutschland die Folge.

10 Sondervotum des Abg. Franz Obermeier: Die ökonomischen Folgen, die der Bundeswirtschaftsminister auf 250 Mrd. € beziffert, werden nicht berücksichtigt.

11 Sondervotum des Sachverständigen Jürgen-Friedrich Hake: Dieses Szenario wurde von den Kommissionsmitgliedern der CDU/CSU und FDP angeregt, um wenigstens ein Szenario zu erhalten, das keine technologischen Vorgabe beinhaltet und nach Wirtschaftlichkeitsüberlegungen zukünftige Strukturen darstellt.

Hauptmerkmale der Szenarien im Überblick

Referenzszenario	Umwandlungseffizienz	REG/REN-Offensive	Fossil-nuklearer Energiemix
Fortsetzung der Energiepolitik als Business-as-usual	forcierte Effizienzsteigerung bei fossilen Energieträgern	forcierte Effizienzsteigerung in allen Anwendungsbereichen	Neubau von Atomkraftwerken nach 2010
Ökosteuer nur bis 2003	Energiepolitik verschärft	Ausbau der erneuerbaren Energien	Moderate Umsetzung der Energieeinsparpolitik
Energiesteuern real konstant	kontinuierlich höhere Energiesteuern CO_2 -Abtrennung und Deponierung	kontinuierlich höhere Energiesteuern REG-Anteil im Jahr 2050: 50 %	

(51) Die Szenarien wurden im Auftrag der Kommission vom Wuppertal-Institut für Umwelt, Klima, Energie (WI) und vom Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER) der Universität Stuttgart unter Federführung der PROGNOS AG, Basel berechnet. Die Szenarien und Varianten wurden zunächst ohne Berücksichtigung externer Kosten berechnet. Die nachträgliche Integration der externen Kosten von Luftschadstoff- und Treibhausgasemissionen sowie der Kernenergie in die Szenarien und Variantenrechnungen zeigt, dass das Kernenergieszenario auch aus der ökonomischen Perspektive nicht nachhaltig ist.[12]

Nachhaltige Energieversorgung: Chance für den Standort Deutschland

(52) Die Kommission hat sich ausführlich mit der Anpassungsleistung auseinandergesetzt, die von der deutschen Volkswirtschaft in den nächsten 50 Jahren im Hinblick auf Nachhaltigkeit zu erbringen ist, um sich auch in Zukunft erfolgreich im internationalen Wettbewerb behaupten zu können. Die Kommission hat den erforderlichen Strukturwandel sowohl unter einzelwirtschaftlichen als auch gesamtwirtschaftlichen Blickwinkeln diskutiert. Sie ist zu dem Schluss gekommen, dass ohne durchgreifende Umsetzung des Nachhaltigkeitsgedankens die Wettbewerbsfähigkeit und die Standortqualität Deutschlands bedroht ist.[13] In diesem Sinne bedeutet eine Politik der Nachhaltigkeit für die Kommission einerseits eine ökologische Notwendigkeit und andererseits die Einlösung wohlbegründeter ökonomischer und sozialer Handlungsgrundsätze.

(53) Die Szenarien erreichen die angestrebte CO_2-Reduktion auf sehr verschiedene Weise. Mit Hilfe bewusst unterschiedlich gewählter Strategien und Instrumente wird so ein vielfältiges Handlungsspektrum offengelegt. Der effizient-solare Entwicklungspfad[14] zeigt beispielsweise, wie sich innerhalb eines halben Jahrhunderts der Wandel des Energiesystems vollziehen kann. Für diesen Pfad ist die massive Erhöhung der Effizienz des Energiesystems und die konsequente Einführung erneuerbarer Energien von zentraler Bedeutung. Gleichzeitig wird die großtechnische Struktur des Energiesystems schrittweise dezentralisiert, durch eine große Vielfalt von effizienteren Technologien ergänzt und durch den wachsenden Einsatz erneuerbarer Energien neu ausgerichtet. Dieser Pfad berücksichtigt, dass in den nächsten Jahrzehnten die Erneuerung der allgemeinen Infrastruktur, des Gebäudebestandes und des Kraftwerksparks ansteht. Das macht die Ausschöpfung gewaltiger Potenziale möglich und ist (zeitnah) geboten. Der Zeitpunkt für die Etablierung eines risikoarmen[15] und zukunftsfähigen Energiesystems wird von der Kommission als besonders günstig eingeschätzt.

(54) Die Kommission vertritt dezidiert die Auffassung, dass die nachhaltige und zukunftsfähige Gestaltung der Energieversorgung sachlogisch eng mit der Modernisierung des Standortes Deutschland verbunden ist. Die Kommission sieht in der Entwicklung emissionsarmer und risikofreier[16] Technologien große wirtschaftliche Chancen für die deutsche Industrie. Sie sollten nach Auffassung der Kommission sowohl zur Schaffung neuer Arbeitsplätze

---

[12] Sondervotum des Abg. Walter Hirche: Die Studie der EU-Kommission ExternE aus 2001 steht dazu im Widerspruch. Dieser Aussage liegt die willkürlich gegriffene Größe der externen Kosten der Kernenergie in Höhe von 2 €/kWh zugrunde, die jedweder wissenschaftlichen Grundlage entbehrt.

[13] Sondervotum des Abg. Prof. Dr. Paul Laufs: Das Gegenteil ist der Fall: CDU/CSU und FDP haben mehrfach die volkswirtschaftlichen Belastungen und damit die massive Gefährdung des Wirtschaftsstandortes Deutschland durch die engen Zielvorgaben von SPD und BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN belegt.

[14] Sondervotum des Sachverständigen Dr. Hans Jörg Henne: Es wird keine Definition gegeben, was unter „effizient-solar“ zu verstehen ist. Insbesondere werden keine Kosten beziffert.

[15] Sondervotum des Abg. Franz Obermeier: Risikofragen sind in der Arbeit der Enquete-Kommission nicht thematisiert worden. Grundsätzlich bestehen allerdings für alle Energieversorgungssysteme und -träger Risiken. Demzufolge ist der Begriff „risikoarm“ irreführend.

[16] Sondervotum des Abg. Walter Hirche: Es gibt keine „risikofreien“ Technologien. Die Unterschiede liegen hinsichtlich des Risikos von Technologien in dem Schadensausmaß und der Eintrittswahrscheinlichkeit.

im Inland als auch durch den Export beitragen. Mit der Verbreitung von Effizienztechniken und Technologien der erneuerbaren Energien[17] ist nach Ansicht der Kommission auch verbunden, Globalisierungsprozessen eine zukunftsfähigere Richtung zu geben und damit einen Beitrag zu einer nachhaltigen Entwicklung der Transformations-, Schwellen- und Entwicklungsländer zu leisten.

(55) Die Enquete-Kommission zieht aus ihren Überlegungen folgendes Fazit: Die Fortführung der Kernenergienutzung ist wegen der hohen Sicherheits- und Systemrisiken (Restrisiko, Terroranfälligkeit etc), der immer noch ungelösten Entsorgungsfrage sowie ihrer strukturkonservierenden Wirkungen nicht nachhaltig.[18] Die Szenarien zeigen, dass zur Realisierung anspruchsvoller CO_2-Minderungsziele ein Rückgriff auf die Kernenergie nicht erforderlich ist. Unter Einbezug externer Kosten übertreffen die gesamtwirtschaftlichen Kosten des Kernenergieszenarios die der anderen deutlich.[19]

Nachhaltigkeit: eine technische, wirtschaftliche, soziale und institutionelle Gestaltungsaufgabe

(56) Die Kommission ist sich bewusst, dass eine nachhaltig-zukunftsfähige Entwicklung in Deutschland auch einen Wechsel von Produktionsweisen, Konsumgewohnheiten und Lebensstilen einschließt. Die Kommission sieht zum Prozess der rechtzeitigen Antizipation des weltweit anstehenden ökologischen Strukturwandels keine ökonomische und soziale Alternative.

(57) Die Kommission ist der Auffassung, dass zur Bewältigung der Aufgabe reines Risikomanagement nicht ausreicht. Daher hält sie eine vorsorgend gestaltende Politik für erforderlich. Eine solche Kraftanstrengung ist ohne einen Paradigmenwechsel auf den unterschiedlichsten Gebieten von Wirtschaft, Forschung u. a. nicht möglich.[20]

(58) Die Kommission ist davon überzeugt, dass dieser Prozess ökonomisch umso erfolgreicher und strukturell friktionsärmer ablaufen wird je früher der Entwicklungspfad zur nachhaltigen Entwicklung eingeschlagen wird. Die Kommission betont hierzu ausdrücklich, dass bei der Realisierung keineswegs nur technisch-naturwissenschaftliche Probleme zu lösen sind. Im Kontext der Einführung von technischen Innovationen bestehen zahlreiche soziale und institutionelle Interdependenzen. Die Kommission hält es für erforderlich, diesen Zusammenhängen verstärkt wissenschaftlich und praktisch Beachtung zu schenken. Ohne ihre Berücksichtigung kann auf der Marktebene der Prozess von Nachhaltigkeit nicht erfolgreich verlaufen.

(59) Die Kommission hat intensiv diskutiert, inwieweit für die Durchsetzung des Nachhaltigkeitsgebots neue ordnungspolitische Wege beschritten werden müssen. Sie hält es in diesem Zusammenhang für geboten, Innovationen bei nachhaltigen Energieangeboten über Einführungsprogramme größere Chancen zur Bewährung am Markt zu geben.[21] (Fallbeispiel: Einspeisegesetz für regenerativ erzeugten Strom).[22]

Nachhaltigkeit: Politische Antwort auf die Globalisierung

(60) Die Kommission versteht Globalisierung als einen Prozess von hoher Komplexität. Durch fortschreitende Globalisierung sind nahezu alle sozialen, kulturellen, ökonomischen und ökologischen Bereiche der Gesellschaft berührt. Entsprechend verändert sich der Ordnungs- und Bezugsrahmen für den Energiesektor ständig – sowohl des traditionellen als auch eines nachhaltigen.[23]

(61) Die Kommission hat sich die Aufgabe gestellt, diejenigen Aspekte und Bedingungen im Energiesektor herauszuarbeiten, die als Chancen für ein weltweit nachhaltiges Energiesystem genutzt werden können. Die Kommission betont, dass von der Globalisierung nur dann positive Effekte ausgehen werden, wenn sie als große Gestaltungsaufgabe der nationalen und internationalen Politik angenommen wird. Die bisher weitgehend auf die Ökonomie begrenzte Globalisierung greift zu kurz. Die Kommission setzt sich für einen umfassenden Globalisierungsbegriff ein („integrative Globalisierung“), der alle Dimensionen von Nachhaltigkeit einbezieht.

(62) Eine auf einseitige Vorteilsnahme der Industrieländer programmierte Globalisierung ist gefährlich.[24] Sie verkennt, dass in Zukunft zum Substanzerhalt der globalen Lebensgrundlagen z. B. das Zusammenwirken von Verursachern und Betroffenen oder von entwickelten und

---

[17] Sondervotum des Abg. Prof. Dr. Paul Laufs: Es gibt keine „Technologien der erneuerbaren Energien“. Aber auch nicht-erneuerbare Technologien können und müssen weltweit langfristig zur Deckung des wachsenden Bedarfs an Endenergie eingesetzt werden.

[18] Sondervotum des Abg. Kurt-Dieter Grill: Kernenergie kann aus technischer und ökologischer Sicht grundsätzlich verantwortbar eingesetzt werden, sofern dafür ein gesellschaftlicher Konsens erreicht werden kann.

[19] Sondervotum des Abg. Dr. Ralf Brauksiepe: Das Szenario mit Kernenergie führt zu erheblich geringeren volkswirtschaftlichen Kosten als alle anderen Szenarien. Erst durch die vorgegebene Annahme sehr hoher und nicht realistischer externer Kosten ergeben sich Vorteile für Szenarien ohne Kernenergie.

[20] Sondervotum des Abg. Prof. Dr. Paul Laufs: Angesichts der großen Unsicherheiten über Art und Umfang der ökologischen, wirtschaftlichen und sozialen Einflüsse muss die politische Gestaltung der Energiepolitik behutsam erfolgen.

[21] Sondervotum des Sachverständigen Prof. Dr. Dieter Schmitt: Solche Markteinführungsprogramme sind nur sinnvoll, wenn die Konkurrenzfähigkeit der geförderten Technologie konkret absehbar ist. Dauersubventionen sollten nicht neu begründet werden.

[22] Sondervotum des Sachverständigen Prof. Dr. Volker Schindler: Finanzielle Unterstützungsprogramme, die über mehr als zehn Jahre laufen, sind ein Beweis für dauerhafte Marktprobleme. Dies ist eine beschönigende Beschreibung für die nicht vertretbare Einführung von Subventionen.

[23] Sondervotum des Sachverständigen Jürgen-Friedrich Hake: Die Unterscheidung zwischen „traditionellen“ und „nachhaltigen“ Energiewirtschaftssystemen entbehrt jeder wissenschaftlichen Grundlage und erweckt Widersprüche, die nicht gegeben sind.

[24] Sondervotum des Sachverständigen Dr. Hans Jörg Henne: Die Globalisierung, die im Interesse der Industrie- aber auch der Entwicklungs- und Schwellenländer liegt, ist nicht einseitig auf die Industrienationen „programmiert“. Der Rio-Prozess bestätigt dies.

unterentwickelten Ländern unerlässlich ist. Die Kommission ist sich bewusst, dass hierzu noch eine große Anzahl von Klärungsprozessen notwendig ist. So müssen beispielsweise Antworten auf die ungerechte Verteilung von Lebenschancen durch die unterschiedliche Verfügbarkeit von Ressourcen, eine größere Beteiligung der Entwicklungsländer am Kapital-, Know-how- und Technologietransfer, die Armutsbekämpfung, eine sachgerechte Entwicklungshilfe und die faire Einbindung aller (auch bisher benachteiligter) Länder in globale Wirtschaftskreisläufe usw. gefunden werden.[25]

Nachhaltigkeit: Liberalisierung als Flankierung

(63) Die Kommission hat sich mit den Möglichkeiten der Liberalisierung der Energiemärkte als Motor einer nachhaltigen Entwicklung beschäftigt. Der Kommission ist die Feststellung wichtig, dass funktionsfähiger Wettbewerb im Sinne des Nachhaltigkeitsgedankens produktiv sein kann (Orientierung an effizientem Ressourceneinsatz, Innovationen durch vielfältige Marktteilnehmer u. ä.). Bedingungen hierfür sind allerdings Abbau von Marktzutrittsschranken und damit verbunden Akteursvielfalt, Interessenentflechtung zwischen den einzelnen Marktstufen sowie Markttransparenz. Diese Voraussetzungen sind nach Auffassung der Kommission bisher nur unzulänglich vorhanden. Technologische Neuerungen haben nur dann eine echte Chance, wenn sie sich unter fairen Bedingungen am Markt behaupten können. Die Kommission hat dabei im Auge, dass neue technologische Entwicklungen in veränderten Strukturen (z. B. Brennstoffzellen und virtuelle Kraftwerke) zu großen Wirkungen im Sinne einer nachhaltigen Energieversorgung beitragen können.

(64) Die Kommission hält es für wichtig, dass die Chancen der Liberalisierung genutzt werden. Sie sieht aber erhebliche Gefahren in der wieder stark zunehmenden Oligopolisierung der Märkte[26] und dem damit verbundenen strategischen Verdrängungswettbewerb. Die wirtschaftliche Attraktivität ökologischer und effizienter Produkte und Verfahren wird durch falsche (kurzfristige) Preissignale an Hersteller und Verbraucher gefährdet.[27] Die Kommission war sich bei ihrer Debatte über die Liberalisierung darüber im Klaren, dass der Markt die Realisierung längerfristiger gesellschaftlicher Ziele nicht automatisch erreicht (Wettbewerb als kurzfristiger Optimierungsmechanismus ist perspektivisch blind).[28]

(65) Die Kommission hält für die Realisierung einer langfristigen Umstrukturierung der Energiewirtschaft einen aktiven Staat (als Wettbewerbshüter und Gestalter des Transformationsprozesses) für unverzichtbar.[29] Diese Rolle erfüllt der Staat gegenwärtig nur begrenzt oder agiert sogar kontraproduktiv. Exemplarisch verweist die Kommission hierbei aus Gerechtigkeits-, Wettbewerbs- und Nachhaltigkeitsgesichtspunkten auf die Aufgabe des Staates, die Internalisierung externer Effekte (auch im Sinne von Haftung für Kernkraftwerke) in die Marktpreise engagiert voranzutreiben und auch andere Hemmnisse gezielt abzubauen.

Nachhaltigkeit: Schranken der Natur beachten – Schranken im Kopf beseitigen

(66) Die Kommissionsarbeit hat deutlich gemacht, dass eine erfolgreiche Umsetzung einer dauerhaft nachhaltigen Energieversorgung entscheidend davon abhängt, von welchen konzeptionellen Vorstellungen dabei ausgegangen wird. Die Kommission wendet sich gegen die absichtsvolle Inflationierung des Nachhaltigkeitsbegriffs. Sie empfiehlt, dieser Tendenz durch Konkretisierung und Operationalisierung entgegenzuwirken. Sie hat sich ausführlich mit dem sogenannten 3-Säulen-Modell befasst. Das 3-Säulen-Modell wird vielfach so interpretiert, als seien im politischen Entscheidungsprozess Aspekte ökonomischer, ökologischer und sozialer Nachhaltigkeit als gleichrangig anzusehen. Die Mehrheit der Kommission stellt in Bezug auf diese theoretische Gleichrangigkeitskonstruktion fest: Nachhaltigkeit kann nur durch intelligent organisierten langfristigen Erhalt lebensentscheidender Funktionen der Natur sichergestellt werden. Eine Relativierung dieses Primats ist kontraproduktiv.[30]

Nachhaltigkeit: Verknüpfung von Zielen mit konkreten Maßnahmen

(67) Die Kommission war der im Einsetzungsbeschluss genannten Zielsetzung verpflichtet. Sie stand bei ihrer Arbeit vor der Aufgabe, das Leitziel der Emissionsreduktion um 80 % bis 2050 in einer Art und Weise in Teilziele und Maßnahmen umzusetzen, dass die für die Realisierung erforderlichen Anpassungsprozesse ökonomisch und sozial friktionsarm ablaufen können.

(68) Die Kommission war sich bewusst, dass Strategien, die einen Zeitraum von 50 Jahren umfassen, im Zeitverlauf eines halben Jahrhunderts mit vielfältigen sozialen Entwicklungen und technischen Innovationen konfrontiert sein werden. Sie werden weit über das hinausgehen, was am Anfang des 21. Jahrhunderts vorstellbar ist. Die

---

[25] Sondervotum des Sachverständigen Prof. Dr. Dieter Schmitt: Die Globalisierung hat für alle Entwicklungs- und Schwellenländer, die konsequent Marktöffnung und Demokratisierung betrieben haben, Vorteile gebracht.

[26] Sondervotum des Sachverständigen Prof. Dr. Dieter Schmitt: Die Liberalisierung führt nicht zwangsläufig zu einer Oligopolisierung der Märkte. Entscheidend ist, dass die Märkte offen gehalten werden.

[27] Sondervotum des Abg. Franz Obermeier: Die Sichtweise, „nur hohe Energiepreise sind ökologisch vertretbar“ wird nicht geteilt. Für diese Aussage fehlen die Belege. Effiziente Systeme sind gesucht.

[28] Sondervotum des Sachverständigen Dr. Hans Jörg Henne: Diese Einschätzung wird nicht geteilt. Mit dieser Aussage wird der Versuch unternommen, marktwirtschaftliche Prinzipien negativ zu besetzen und damit den Einsatz interventionistischer Maßnahmen zu legitimieren.

[29] Sondervotum des Sachverständigen Prof. Dr. Dieter Schmitt: Das Gegenteil ist der Fall: Durch Regulierung zerstört der Staat zurzeit die positiven Effekte freier Märkte im Interesse nachhaltiger Energiepolitik.

[30] Sondervotum des Abg. Prof. Dr. Paul Laufs: Kontraproduktiv ist auch, unter Verweis auf nicht endgültig einschätzbare Gefahren beträchtliche soziale und wirtschaftliche Einschränkungen zu fordern. Die Absage an die Gleichrangigkeit der Nachhaltigkeitsziele ist eine Absage an Rio und an die Mündigkeit der Bürger.

nachstehend aufgeführten Ziele tragen dieser Überlegung bewusst Rechnung.[31] Die Kommission hat Ziele und Instrumente so ausgewählt, dass sie aus heutiger Sicht mittel- und langfristig einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung des Nachhaltigkeitsziels leisten. In diesem Sinne sollen sie ein politisches Fundament für eine nachhaltige Energieversorgung bilden. Die Kommission hat sich dafür entschieden, beispielhafte wie auch konkrete Ziele zu beschreiben. Der Kommission war dabei wichtig, dass die kurz- und mittelfristigen konkreten Maßnahmen stets mit dem langfristigen Nachhaltigkeitsziel kompatibel sind.

(69) Auf das im Einsetzungsbeschluss genannte Ziel bezogen, empfiehlt die Kommission dem Deutschen Bundestag die Orientierung an nachfolgend konkretisierten Zielen, Strategien, Maßnahmen und Instrumenten:

Ziele einer nachhaltig-zukunftsfähigen Energieversorgung mit dem Zeithorizont 2020

– Verbesserung der gesamtwirtschaftlichen Energieproduktivität um 3 %/a in den nächsten 20 Jahren[32]

– Minderung der nationalen Treibhausgasemissionen um 40 % bis zum Jahr 2020,[33, 34]

– Erhöhung der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien um den Faktor 4 bis zum Jahr 2020 und die Ausweitung des Einsatzes erneuerbarer Primärenergien um den Faktor 3,5 bis zum Jahr 2020,[35]

– Erhöhung des Stromaufkommens aus KWK um den Faktor 2 bis 2010 und um den Faktor 3 bis 2020,[36]

– Absenkung des durchschnittlichen spezifischen Endenergieverbrauchs neu sanierter Altbauwohnungen auf 50 kWh/m² bis 2020,

– Absenkung des Flottenverbrauchs neu zugelassener Pkw bis 2020 auf 3,5 bis 4 Liter je 100 km,

– Erhöhung der Aufwendungen für Forschung und Entwicklung für den nicht-nuklearen Energiebereich um mindestens 30 % bei gleichzeitiger Ausrichtung der Forschungsprogramme auf nachhaltige Technologien,[37]

– Erreichen bzw. Erhalt der weltweiten Spitzenstellung bei Forschung und Entwicklung in Bezug auf energiesparende Technologien und erneuerbare Energieerzeugungstechnologien sowie

– konsequente Steigerung des Volumens für Technologien der umweltschonenden Energieerzeugung und -einsparung im Bereich der Entwicklungszusammenarbeit.

(70) Die Kommission empfiehlt, die Strategien zur Realisierung dieser Ziele in die absehbare allgemeine ökonomische und politische Entwicklung einzubetten. Sie weist darauf hin, dass den Befürchtungen einer Überforderung am ehesten begegnet werden kann, wenn Schritte frühzeitig eingeleitet werden, denn dann wird sich durch die Optimierung in kleinen Schritten die kostengünstigste Entwicklung ergeben. Dazu gehört auch eine Vorbildrolle Deutschlands bei der Innovation und Diffusion von nachhaltigen Technologien.[38] Als Strategie empfiehlt die Kommission,

– die anstehende Modernisierung der deutschen Volkswirtschaft (die vor dem Hintergrund von Globalisierung und Liberalisierung in den nächsten Jahrzehnten ohnehin stattfinden muss) zu nutzen. Dies sollte durch einen zielorientierten und langfristig angelegten integrierten Politikansatz auch für den Umbau der deutschen Energieversorgungsstrukturen zu einem nachhaltigen Energiesystem geschehen.

– nationale Strategien in den internationalen Kontext – insbesondere der EU – einzubetten. Das erfordert reformierte, leistungsfähige Strukturen. Dies schließt nach Ansicht der Kommission eine Vorbildrolle Deutschlands keineswegs aus, sondern sie wird andere Länder motivieren, diesem Weg zu folgen.

– den Ausbau der Wissensgesellschaft unter Berücksichtigung der Nachhaltigkeitsziele voranzutreiben. Dabei müssen Forschung und Entwicklung mit großem Nachdruck auf Nachhaltigkeitsziele ausgerichtet werden. Eine innovationsorientierte Technologiepolitik schafft und sichert Arbeitsplätze in Deutschland und eröffnet neue Chancen („first-mover-advantages“) für deutsche Unternehmen auf den Weltmärkten.

– die Förderung von Aktivitäten zur Potenzialerschließung der rationellen Energiebereitstellung und -nutzung zu verstärken (im ersten Schritt sogenannte

---

[31] Sondervotum des Abg. Dr. Ralf Brauksiepe: Die starren Vorgaben von SPD und BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN tragen dem nicht Rechnung. Vielmehr werden Strukturen nach heutigem Stand der Entwicklung auf Jahrzehnte festgeschrieben und somit Innovationen verhindert.

[32] Sondervotum des Sachverständigen Jürgen-Friedrich Hake: Die postulierten 3 % pro Jahr sind völlig irreal. Zwischen 1991 und 2001 wurde eine Energieproduktivität von im Durchschnitt 1,4 % pro Jahr erreicht.

[33] Sondervotum des Sachverständigen Prof. Dr. Dieter Schmitt: Die Vorgabe von konkreten Minderungszielen kann im Rahmen einer Konzeption nachhaltiger Energieversorgung nicht absolut vorgegeben werden, sondern allenfalls Ergebnis einer zugleich ökologie- wie ökonomie- und sozialverträglichen Strategie sein.

[34] Sondervotum des Sachverständigen Dr. Hans Jörg Henne: Dieses Ziel steht im Widerspruch zur Politik der Bundesregierung. Denn dieses bislang viel diskutierte Ziel von 40 % wurde in die Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung bewusst nicht aufgenommen, vielmehr distanzierte man sich öffentlich hiervon.

[35] Sondervotum des Abg. Franz Obermeier: Die Stromproduktion aus erneuerbaren Energien muss – unter fairer Berücksichtigung externer Kosten – wirtschaftlich gemacht werden, damit sie wachsen kann. Eine Erhöhung aber um den Faktor 4 und bei Strom aus KWK-Anlagen um den Faktor 2-3 ist illusionär.

[36] Sondervotum des Abg. Kurt-Dieter Grill: Die Erhöhung des Aufkommens an KWK-Strom kann nur im Gleichtakt mit der Nutzung der dabei erzeugten Wärme geschehen.

[37] Sondervotum des Abg. Walter Hirche: Auch nachhaltige Formen der Nutzung nuklearer Energie (Fission und Fusion) müssen weiter erforscht werden.

[38] Sondervotum des Sachverständigen Prof. Dr. Volker Schindler: Jede Vorbildrolle hat wirtschaftliche Stärke zur Voraussetzung. Sie macht nur Sinn, wenn ihr andere folgen.

„No-regret“-Maßnahmen) sowie die erneuerbaren Energien gezielt auszubauen[39]

– den Kapital-, Technologie- und Know-how Transfer aus den Industrieländern für den Energiesektor und eine faire energieorientierte Kooperation mit Entwicklungs-, Schwellen- und Transformationsländern auszuweiten.

Instrumente und Maßnahmen

(71) Die Kommission war sich einig, dass wichtige Gründe für staatliche Intervention u. a. die Bereitstellung bzw. der Erhalt öffentlicher Güter, der Abbau von Wettbewerbshemmnissen und die Internalisierung externer Kosten darstellen. Art, Umfang und Dauer dieser Intervention sind aus dem Grad des jeweils vorliegenden Markt- oder Wettbewerbsversagens abzuleiten.

(72) Die Kommission hat sich mit denjenigen Instrumenten vertieft auseinandergesetzt, die ihr unter dem Blickwinkel von Nachhaltigkeit, aber auch bezüglich der veränderten Rahmenbedingungen Globalisierung und Liberalisierung, als besonders zielführend erschienen. Die Übersicht (Tabelle 1-1) zeigt die wesentlichen Instrumentenkategorien, aus denen dann einzelne Instrumente ausgewählt wurden.

(73) Um über einen Maßstab für die Qualität der ausgewählten Instrumente zu verfügen, hat die Kommission ein Kriterienraster vorgeschlagen, mit Hilfe dessen sie die Instrumente bewertet. Die Tabelle 1-2 gibt einen Überblick über die angewandten Kriterien.

(74) Die Kommission betont, dass klare Zielvorgaben in Bezug auf den Policy-Mix für eine nachhaltige Energiewirtschaft von herausragender Bedeutung sind. Diese können dann mit einem flexiblen Instrumentarium angesteuert werden. Sie weist ausdrücklich darauf hin, dass zur Erreichung der Nachhaltigkeitsziele sowohl nationale wie internationale Instrumente als auch global wirkende wie spezifische Instrumente erforderlich sind.

Der Policy-Mix für eine nachhaltige Energieversorgung

Klare Ziele, flexibler Instrumenteneinsatz

International harmonisierte plus flankierende nationale Instrumente

Global wirkende plus spezifische Instrumente

Instrumentenmix statt Königsweg

Anpassung der Instrumente an Markt- bzw. Wettbewerbsphasen

Ökonomische Instrumente einbinden in den politischen und sozialen Kontext

(75) Die Kommission ist zudem der Überzeugung, dass ökonomische Instrumente stets den jeweiligen politischen und sozialen Kontext berücksichtigen müssen. Instrumen-

Tabelle 1-1

Darstellung der diskutierten Instrumentenkategorien im Überblick

Internationale Instrumente		**nationale Instrumente**				
Globale Instrumente	**EU-Instrumente**	**global steuernde Instrumente**		**spezifische Instrumente**		
Kioto-Mechanismen	Europäischer Emissionshandel	allgemeine Instrumente	spezielle Klimaschutzinstrumente	Sektor-spezifisch	technologie-spezifisch	akteurs-spezifisch
Entwicklungs-zusammenarbeit	Richtlinien und Förderprogramme	zum Beispiel:	zum Beispiel	Strom	REN	Anlagenbetreiber
Energie- und Umweltaußenpolitik	Revision EURATOM	Liberalisierung	Ökologische Steuerreform	Wärme	KWK	Endkunden
Andere Global Governance-Strukturen	Energiekompetenz der EU	Subventionsabbau	kommunale Klimaschutzaktivitäten	Verkehr	REG	Hersteller
Policy Mix						

[39] Sondervotum des Abg. Prof. Dr. Paul Laufs: Unerklärlich bleibt, warum neue Techniken im Bereich der konventionellen Energien als nicht förderungswürdig betrachtet werden.

Tabelle 1-2

Überblick über die angewandten Kriterien

Oberkriterium	Einzelkriterium
Zielerreichung	Effektivität / Zielerreichung / Kontrollierbarkeit
	Spin-Offs / Erreichung von Nebenzielen
Ökonomische Effizienz	(statistische) Kosteneffizienz (inkl. administrativer Aufwand)
	Dynamische Effizienz
	Verursachergerechtigkeit
Umsetzbarkeit	Finanzierbarkeit
	EU-Verträglichkeit
	Politische Durchsetzbarkeit
Umsetzungsqualität	Praktikabilität
	Soziale Verträglichkeit / gesellschaftliche Akzeptanz
	Wettbewerbsförderung
	Markt- / Wettbewerbskonformität
	Kompatibilität mit anderen Instrumenten
	Flexibilität / Modifizierbarkeit
	Transparenz
	Trade-Offs / Umfeldauswirkungen

tenwirkungen können insofern je nach Kontext differieren, so dass der Instrumenteneinsatz stets angepasst erfolgen muss.

Nachhaltige Energieversorgung: Handlungsempfehlungen

(76) Die Handlungsempfehlungen der Kommission konzentrieren sich auf die nächsten 10 bis 15 Jahre. Was jetzt getan werden kann, sollte realisiert werden. Oberste Priorität hat im Energiesektor dabei die Ausarbeitung, Stärkung und Umsetzung von operationalisierbaren Nachhaltigkeitsstrategien. Im einzelnen empfiehlt die Kommission dem Deutschen Bundestag, auf folgende Themen zu fokussieren und entsprechende Initiativen zu ergreifen:

Nationale Ansatzpunkte

– Weiterentwicklung der Liberalisierung durch wettbewerbsermöglichende und -sichernde Regulierungen;

– Herstellung größerer Akteursvielfalt, Abbau von Behinderungen;

– Vermeidung von Machtkonzentration und Oligopolbildung, Verschärfung der Regelungen zur Fusionskontrolle, Einbeziehung des Parlaments in die Ausnahmetatbestandsfeststellung;

– Verankerung einer Netzzugangsverordnung sowie die Einsetzung einer ex-ante agierenden Wettbewerbsinstanz bei Misserfolg der bestehenden Regelungen;

– Abbau von Vorrechten und Subventionen, die nicht mit Nachhaltigkeitszielen zu vereinbaren sind;[40]

– Überführung der Rückstellungen der Energiewirtschaft zum Rückbau der Kernkraftwerke in einen öffentlich-rechtlichen Fonds;[41]

– Verpflichtung der Bundesrepublik auf eine Reduktion der nationalen Treibhausgasemissionen – auf der Basis von 1990 – um 40 % bis 2020;[42, 43]

[40] Sondervotum des Abg. Dr. Ralf Brauksiepe: Unklar ist, ob damit die Beseitigung der Steinkohlesubvention gemeint ist.

[41] Sondervotum des Abg. Walter Hirche: Dieser Vorschlag ist ein Bruch mit der Systematik des Steuerrechtes, der vermieden werden muss.

[42] Sondervotum des Sachverständigen Prof. Dr. Dieter Schmitt: Jede Verpflichtung Deutschlands muss Rücksicht auf die internationale Wettbewerbsfähigkeit nehmen. Die Verpflichtung auf das Ziel 40 % bis 2020 kann nur vorläufig sein; es muss kontinuierlich im Lichte neuer Erkenntnisse auf seine Angemessenheit überprüft werden.

[43] Sondervotum des Sachverständigen Dr. Hans Jörg Henne: Derartig hohe Verpflichtungen sind nur im internationalen Zusammenhang zu sehen. Ihre soziale und ökonomische Machbarkeit und der Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit sind eine grundsätzliche Voraussetzung.

– Ergänzung der zentralisierten Angebotsstrukturen durch dezentrale Optionen;

– Konsequente Weiterentwicklung des KWK-Gesetzes in Abhängigkeit von der Evaluation im Jahre 2004;[44]

– Weiterentwicklung des Erneuerbaren Energiengesetzes (EEG) und der Programme zur Markteinführung bzw. der Kreditprogramme;[45]

– Mengenregelung im Sinne einer Umweltschutzpflicht für die entsprechenden Akteure der Händlerkette fossiler Brennstoffe für den REG-Wärmebereich;[46]

– entschiedene Stärkung der Energieeffizienz auf der Nachfrageseite und Organisation bzw. Flankierung funktionsfähigen Wettbewerbs um Energiedienstleistungen;

– Einrichtung eines Energieeffizienz-Fonds;[47]

– aufkommensneutrale Weiterentwicklung der Ökosteuer als Instrument zur Internalisierung externer Kosten (umfassende ökologische Finanzreform);[48]

– Einführung eines EU-Emissionshandelssystems in Deutschland;[49]

– Beseitigung einer Vielzahl administrativer und rechtlicher Hemmnisse, die einer massiven Ausweitung energienaher Dienstleistungen und einer Energiedienstleistungswirtschaft wie auch der Nutzung erneuerbarer Energien entgegenstehen;

– Verabschiedung eines Maßnahmenbündels für nachträgliche Wärmeschutzmaßnahmen im Gebäudebestand in Verbindung mit rationeller Heizungs- und Warmwasserbereitungstechnik (zunehmend auf Basis regenerativer Energien);

– Stärkung und Förderung der Vielfalt zusätzlicher und stärker regional orientierter Akteure, kleiner Produzenten und Selbstversorger;

– Start einer forschungs- und bildungspolitische Offensive für nachhaltige Technologien [Energieeffizienz (auch effizientere und „saubere“ Kohletechnologien) und erneuerbare Energien]; Schaffung eines integrierten Forschungs-, Entwicklungs- und Bildungsprogramms (Bund und Länder) zur rationellen und wirtschaftlichen Verwendung von Elektrizität (RAVEL/RAWINE- Programm);

– Einrichtung eines Forschungs- und Entwicklungsprogramms für sozial-ökologische „Energie“-forschung (Energieeinsparpotenziale durch Verhalten und Lebensstil);[50]

– Einsetzung einer Enquete-Kommission zum Thema „Nachhaltige Mobilität“ in der nächsten Legislaturperiode);

– Ansatzpunkte in der Europapolitik;

– Schaffung von Energiemärkten mit transparenten und gleichen Rahmenbedingungen in der EU;

– Aufnahme eines Energiekapitels in den EG- bzw. den zukünftigen EU-Vertrag mit Vorrangstellung für Effizienz und erneuerbare Energien;[51]

– Beendigung des EURATOM-Vertrages und umfassende parlamentarische Kontrolle über die Forschungsrahmenprogramme;[52]

– aktive Begleitung der EU-Osterweiterung (ökologische Standards, Förderung energiepolitischer Effizienzmaßnahmen und der erneuerbaren Energien, Unterstützung beim Atomausstieg, Umstrukturierung des Energiesektors und bei der Liberalisierung).[53]

Ansatzpunkte in der internationalen Politik

– Partnerschaft im Sinne einer deutschen Vorbildfunktion für die Entwicklung und den Aufbau von Zukunftsenergiesystemen mit Transformations-, Schwellen- und Entwicklungsländern[54];

– Durchführung einer deutschen und europäischen Exportoffensive für regenerative Energie- und Effizienztechnologien in Entwicklungs- und Schwellenländer;

– Anerkennung der neuen außenpolitische Dimension von Energiepolitik durch Zusammenarbeit mit den heutigen und zukünftigen Energielieferländern und -regionen;

---

44 Sondervotum des Sachverständigen Prof. Dr. Volker Schindler: Das KWK-Gesetz wird gerade nicht den ökologischen Kriterien gerecht, weil es Effizienzkriterien ausblendet. KWK kann insbesondere im industriellen Bereich wegen der dort garantierten Wämeabnahme sinnvoll sein.

45 Sondervotum des Abg. Franz Obermeier: Das EEG ist ein Subventions- statt eines Innovationsgesetzes. Das EEG muss auch auf der Grundlage des Erfahrungsberichts der Bundesregierung überprüft werden, damit keine neuen Dauersubventionen geschaffen werden.

46 Sondervotum des Abg. Prof. Dr. Paul Laufs: In einer Marktwirtschaft führen Mengenvorgaben nicht zum Erfolg, sondern segmentieren die Märkte.

47 Sondervotum des Abg. Kurt-Dieter Grill: Eine Umgehung des Budgetrechts des Parlaments und damit die Entstehung von Schattenhaushalten ist abzulehnen.

48 Sondervotum des Sachverständigen Prof. Dr. Volker Schindler: Der Widerspruch zur Politik der Bundesregierung ist offenkundig.

49 Sondervotum des Sachverständigen Prof. Dr. Dieter Schmitt: Hierbei stellt sich die Frage nach seiner Umsetzung bzw. der Festlegung der Ausgangsannahmen. Von diesen ist der erfolgreiche Einsatz dieses Instrumentes abhängig.

50 Sondervotum des Sachverständigen Jürgen-Friedrich Hake: Da die Potenziale in diesem Bereich gemäß den Ergebnissen der Anhörung der Enquete-Kommission als sehr gering eingeschätzt worden sind, müssen die Forschungsmittel deutlich begrenzt werden, um ein adäquates Kosten-Nutzen-Verhältnis sicherzustellen.

51 Sondervotum des Abg. Franz Obermeier: Die Schaffung eines eigenen Energiekapitels im EU-Vertrag wird abgelehnt.

52 Sondervotum des Abg. Kurt-Dieter Grill: Dies steht eindeutig im Widerspruch zum Interesse der internationalen Verpflichtungen Deutschlands.

53 Sondervotum des Sachverständigen Dr. Hans Jörg Henne: Die Staaten Osteuropas sollten in eigener Souveränität entscheiden können, wie sie ihre zukünftige Energiepolitik gestalten.

54 Sondervotum des Abg. Walter Hirche: Die Koppelung von Vorbildfunktion und Partnerschaft ist ein Widerspruch.

– Auflage eines spezifischen Fonds zur gezielten Einführungsunterstützung für die projektbasierten Mechanismen des Kioto-Protokolls (DUFleM-Fonds).[55]

Vorbemerkung

(77) Die folgende Kurzfassung orientiert sich an der Gliederung des vorliegenden Berichts. So wird das Zielsystem für eine nachhaltige Energieversorgung vorgestellt (Kapitel 1.2). Anschließend wird die Vielfalt an denkbaren „Zukünften“ für den Zeitraum bis 2050 in Form von vorhandenen wissenschaftlichen Projektionen anhand der demographischen, ökonomischen und energierelevanten Größen im europäischen und globalen Maßstab beschrieben und diskutiert (Kapitel 1.3). Die Darstellung und vergleichende Auswertung der von der Kommission in Auftrag gegebenen Szenarien für das deutsche Energiesystem beginnt mit dem Referenzszenario (Business-as-usual-Szenario) in Kapitel 1.4. Ihm werden die Potenziale zur Energiebedarfsminderung bzw. Emissionsminderung in einer sektor-, technologie- und verhaltensbezogenen Analyse gegenübergestellt. Die Kommission stellt dabei fest, dass diese Einsparpotenziale eine Größenordnung von mehr als 50 % des gegenwärtigen Primärenergieverbrauchs haben. Die drei Zielszenarien (Kapitel 1.5) wurden in ihrer jeweiligen Philosophie so gewählt, dass sich aus ihrem Vergleich hinreichend charakteristische Entwicklungspfade ableiten lassen. Aus dem aus Sicht der Kommissionsmehrheit zielführendsten Entwicklungspfad „3E“ (Energieeinsparung, Effizienzerhöhung, Erneuerbare Energien) werden politische Strategien abgeleitet (Kapitel 1.6), für die auch passfähige und geeignete Instrumente beschrieben werden. Zum Abschluss folgen Handlungsempfehlungen (Kapitel 1.7), die nicht nur als Basis für eine nationale Langfriststrategie, sondern auch als Beitrag zur europäischen und internationalen energiepolitischen Diskussion gedacht sind.

1.2 Ziele für ein nachhaltiges Energiesystem

(78) Die heute weltweit dominierenden Produktions- und Konsumstile bringen zentrale Umweltprobleme mit sich. Die Stofffreisetzungen in die Umwelt durch nicht geschlossene Stoffkreisläufe, die mit den Produktions- und Konsumstilen verbundenen hohen Energieverbräuche, deren Emissionen, die Inkaufnahme nuklearer Risiken und das Ausmaß der Flächeninanspruchnahme sind mit dem Nachhaltigkeitsgedanken nicht vereinbar.[56]

(79) Die Kommission ist bereits in ihrem Ersten Bericht davon ausgegangen, dass das Leitbild „nachhaltig zukunftsfähige Entwicklung“ nach heutigem Verständnis drei Dimensionen umfasst: die schonende Nutzung und Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen (Life-Support-Systeme) sowie die soziale und wirtschaftliche Entwicklung. Entsprechend sollen ökologische, soziale und ökonomische Ziele formuliert und möglichst weitgehend in Einklang gebracht werden.

(80) Für Ökosysteme und die Atmosphäre lassen sich nach Meinung der Mehrheit der Kommission objektivierbare Naturschranken feststellen, die menschliche Aktivitäten prinzipiell limitieren. Mit der Metapher einer „Naturschranke“[57] ist gemeint, dass die Natur den anthropogen verursachten Eingriffen in natürliche Kreisläufe Grenzen setzt, die nur unter Inkaufnahme von für Mensch und Gesellschaft inakzeptablen Risiken überschritten werden können. „Naturschranken“ bilden jedoch keine starren Grenzen, sie können eher in Bandbreiten als mit eindeutig definierten Grenzwerten bestimmt werden.[58]

(81) Daraus folgt eine Hierarchie der Nachhaltigkeitsziele, die mit dem faktischen Vorrang der Ökonomie, wie er heute noch praktiziert wird, nicht in Einklang steht: Eine irreversible Schädigung der Naturgrundlagen muss verhindert werden, weil intakte Naturgrundlagen Voraussetzung sind für die wirtschaftliche und soziale Entwicklung. Die Kommission formuliert deshalb zunächst die Anforderungen für ein nachhaltiges Energiesystem aus der ökologischen Perspektive. Daraus leitet sich ein Zielkorridor ab, in dem soziale und dann ökonomische Ziele formuliert werden können.[59]

(82) Die Enquete-Kommission geht von dem energiebezogenen Leitziel aus, bis Mitte dieses Jahrhunderts den absoluten und den Pro-Kopf-Energieverbrauch in den heutigen Industriestaaten deutlich zu senken und gleichzeitig den Lebensstandard weltweit – auch in den Entwicklungs- und Schwellenländern – zu erhöhen (absolute Entkoppelung).[60] Angesichts des zu erwartenden starken Bevölkerungswachstums in den Entwicklungs- und Schwellenländern ist dies eine besondere Herausforderung. Dies erscheint prinzipiell nur dann realisierbar, wenn effiziente und emissionsarme(-freie) Technologien und neue Organisationsformen der Energieumwandlung (z. B. virtuelle Kraftwerke) und -nutzung entlang der gesamten Umwandlungskette von der Erschließung über die Produktion von End- und Nutzenergie bis zur Nachfrage nach Energiedienstleistungen entwickelt und breit eingeführt werden. Die Kommission geht

[55] Sondervotum des Abg. Walter Hirche: Einführungsunterstützungen sind grundsätzlich nur im Rahmen der bestehenden Organisationen zu gewährleisten (EZB, IWF).

[56] Sondervotum des Abg. Dr. Ralf Brauksiepe: Jedes Energiewandlungssystem birgt Risiken, die mit einem Risikomanagement beherrschbar gemacht werden müssen. Die Entscheidung über den Einsatz eines Systems ist das Ergebnis der Risikoanalyse unter Einbeziehung bestehender Alternativen.

[57] Sondervotum des Sachverständigen Jürgen-Friedrich Hake: Die ausschließlich politisch postulierte „Naturschranke“ soll den Eingriffsstaat legitimieren. Wo naturwissenschaftliche Begründungen fehlen, wird ideologisch festgeschrieben.

[58] Sondervotum des Sachverständigen Jürgen-Friedrich Hake: Der Begriff der „Naturschranke“ ist nicht geeignet, die komplexen und dynamischen i. d. R. rückgekoppelten Prozesse in der Umwelt zu beschreiben. Er ist methodisch veraltet und sollte deshalb auch nicht als „Leitplanke“ oder „Bandbreite“ verwendet werden.

[59] Sondervotum des Sachverständigen Prof. Dr. Dieter Schmitt: Es gibt keinen faktischen Vorrang eines Nachhaltigkeitszieles. Ökonomie, Ökologie und Soziales sind von gleichem Gewicht und Rang.

[60] Sondervotum des Abg. Franz Obermeier: Energieverbrauch per se ist kein relevantes Umweltkriterium. Es kann sogar ökologisch sinnvoll sein, mehr Energie zu verbrauchen, wenn damit geringere Emissionen verbunden sind (z. B. Fernwärme aus KWK statt Minimalenergiehaus).

von dem Grundsatz aus, dass die effizientere Nutzung Vorrang vor der Energieerzeugung aus nicht-erneuerbaren Energien erhalten soll.

(83) Wesentliche Beiträge zum Aufbau nachhaltiger Energieerzeugungsstrukturen erwartet die Kommission auf der lokalen und regionalen Ebene. Die Unternehmen und anderen Akteure auf der örtlichen und regionalen Ebene werden ihre Chancen verstärkt wahrnehmen müssen, um die Herausforderungen und Aufgaben bei der effizienten Energie- und Materialnutzung, beim Recyceln energieintensiver Materialien, der Intensivierung der Produktnutzung und vieler produktbegleitender Dienstleistungen zu bewältigen. Häufig müssen verschiedene Akteure aus unterschiedlichen Produktionsstufen und Gewerken zur Erreichung von optimierten Systemlösungen zusammenarbeiten. Durch Optimierung über verschiedene Produktionsstufen kann eine qualitativ neue Dimension bei der Energieeffizienzsteigerung und beim Einsatz erneuerbarer Energien erreicht werden, wobei gleichzeitig Energieverbrauch, Transportbedarf und Stoffströme verringert werden.

(84) Der Such- und Entdeckungsprozess von Wettbewerb und Markt muss auf die grundlegenden Ziele einer nachhaltigen Entwicklung ausgerichtet werden. Nur so lassen sich einerseits Fehlsteuerungen vermeiden, die das Ziel der Nachhaltigkeit in Frage stellen. Andererseits sind solche Prozesse ein zentraler Weg, die vielfältigen Optionen auf dem Weg zur Nachhaltigkeit zu identifizieren und miteinander zu kombinieren. Wettbewerb und Markt sind nicht das Ziel, sondern ein wichtiges Instrument zur Umsetzung des Nachhaltigkeitsgebotes. Das impliziert aber auch die ständige Überprüfung, ob und wie konkrete marktwirtschaftliche Allokationsmechanismen in der Realität dem Nachhaltigkeitsgebot genügen.

(85) Die Möglichkeiten des Transfers und der Diffusion technischer, organisatorischer, unternehmerischer und politischer Innovationen in die Entwicklungs- und Schwellenländer unter Berücksichtigung der dortigen Bedingungen können dann einen wichtigen Beitrag zu einer nachhaltigen Entwicklung leisten, wenn die Industriestaaten mit ihren großen Potenzialen an Forschung, Innovationsfähigkeit und finanziellen Mitteln vorangehen und diesen Prozess unterstützen.

(86) Die Nachhaltigkeitsdiskussion verliert ihre Beliebigkeit erst dann, wenn über quantifizierte Umweltqualitätsziele und Leitindikatoren in einem demokratischen Prozess Einigkeit erzielt wird. Für den Bereich der Energieerzeugung, -nutzung und -dienstleistungen leitet die Kommission folgende konkreten Ziele ab:

Ökologische Ziele

(87) Die weltweite Reduzierung der energiebedingten Treibhausgase ist Kern einer auf Nachhaltigkeit angelegten Energie- und Verkehrspolitik. Ziel muss die Stabilisierung des Weltklimas sein. Notwendig ist demnach, den weltweiten CO_2-Ausstoß bis 2050 gegenüber dem heutigen Niveau um etwa 50 % zu senken. Die Kommission sieht es als notwendig an, dass die Treibhausgasemissionen in den Industrieländern, also auch in Deutschland, bis zum Jahr 2020 um 40, bis 2030 um 50 und bis 2050 um 80 Prozent gegenüber 1990 reduziert werden müssen.[61] So würde den mehr als 80 Prozent der Weltbevölkerung in den Entwicklungsländern eine nachhaltige Entwicklungsperspektive ermöglicht.[62]

(88) Die für die Versauerung von Böden und Gewässern verantwortlichen Schadstoffe Schwefeldioxid, Stickoxide und Ammoniak müssen weltweit flächendeckend unter die sogenannten Critical Loads sinken sowie die Emissionen von feinen und ultrafeinen Partikel langfristig um 99 % verringert werden.

(89) Die Gewässerqualität bei energetischer Kühlwassernutzung, im Bereich von Wasserkraftwerken sowie bei Anlagen des Bergbaus soll im Jahr 2050 Werte entsprechend der in Deutschland definierten Gewässergüteklasse II nicht unterschreiten.

(90) Die Flächeninanspruchnahme für Siedlungs- und Verkehrsflächen und für den Rohstoffabbau sollte bis 2050 netto auf null reduziert werden. Dies bedeutet, dass zusätzliche Flächeninanspruchnahme nur noch dann akzeptiert wird, wenn entsprechende Ausgleichsmaßnahmen durchgeführt werden.[63]

(91) Die weltweiten Energiesysteme sind nach Auffassung der Mehrheit der Kommission so auszurichten, dass hochradioaktiver Abfall, der über geologische Zeiträume zu deponieren ist, in Zukunft nicht mehr produziert wird. Das bereits existierende Volumen derartiger Abfälle darf nicht mehr wesentlich vergrößert werden – ihre Lagerung ist bereits heute eine der größten Herausforderungen für ein nachhaltiges Wirtschaften in den nächsten Jahrzehnten.

(92) Das Risiko von extrem großen Unfällen in Energieanlagen, beispielsweise Großwasserkraftwerken oder Kernkraftwerken, mit sehr großem Schadensumfang und Langzeitwirkungen muss so schnell wie möglich minimiert werden.[64] Weil die heute absehbaren Reaktorkonzepte das Risiko von großen Reaktorunfällen – ganz abgesehen von Gefahren durch Terrorismus – nicht sicher vermeiden können, unterstützt die Kommission das beschleunigte Auslaufen der Kernenergienutzung in Deutschland.[65]

---

[61] Im Kapitel 5 wertet die Kommission verschiedene Szenarien zum künftigen CO_2-Ausstoß bei verschiedener Energieträgerzusammensetzung aus.

[62] Sondervotum des Sachverständigen Prof. Dr. Dieter Schmitt: Solche Zielvorgaben belasten die Volkswirtschaften erheblich.

[63] Sondervotum des Sachverständigen Prof. Dr. Volker Schindler: Angesichts der zu erwartenden Wachstumsraten der Weltbevölkerung ist eine derartige Forderung irreal. Hinzu kommt, dass zu diesem Thema in der Enquete-Kommission nicht beraten worden ist.

[64] Sondervotum des Abg. Kurt-Dieter Grill: Kernenergie kann technisch verantwortlich gestaltet werden und sollte in dieser Form als eine mögliche Energieoption weiterentwickelt und – bei gegebener gesellschaftlicher Akzeptanz – genutzt werden.

[65] Sondervotum des Abg. Dr. Ralf Brauksiepe: Finnland beweist mit seiner Entscheidung für ein neues Kernkraftwerk, dass die Priorität für Klimapolitik sehr wohl anders realisiert werden kann.

Soziale Ziele[66]

(93) Alle Menschen müssen freien und sicheren Zugang zu den Dienstleistungen im Energiebereich als Beitrag zur Daseinsvorsorge („Dienstleistungen im allgemeinen Interesse“) erhalten. Dies bedingt den bezahlbaren und sicheren Zugang zu effizienten Energiesystemen nach dem Stand der Technik.

(94) Der Anteil der Aufwendungen der privaten Haushalte für Energiekosten an ihrem Gesamtbudget soll – bezogen auf ein bestimmtes Niveau an Energiedienstleistungen – nicht steigen.[67]

(95) Das Energiesystem muss demokratischen Entscheidungsstrukturen unterliegen, um Marktmacht auszugleichen und Konflikte um Ressourcennutzung oder mit der Energienutzung verbundene Umweltprobleme zu regeln. Strukturen, die fehleranfällig sind und Irreversibilitäten schaffen, sind zu vermeiden. Die demokratische Teilhabe aller gesellschaftlicher Gruppen an energierelevanten Entscheidungsfindungen muss durch geeignete Maßnahmen gesteigert werden.

(96) Die Kommission hält es für unabdingbar, dass zukünftige Generationen in ihren Entscheidungsmöglichkeiten nicht weiter eingeschränkt werden als zur Lösung aktueller Probleme und Erhaltung künftiger Optionen unbedingt notwendig ist.

(97) Leben und Gesundheit der im Energiebereich Beschäftigten müssen geschützt sein. Hohe Anforderungen an den Arbeitsschutz sind am Arbeitsplatz einzuhalten. Das Ziel, die Zahl der verlorengehenden Arbeitsplätze durch die Schaffung neuer Arbeitsplätze auszugleichen, ist mit Nachdruck zu verfolgen. Dies setzt auch eine aktive Arbeitsmarktpolitik des Staates voraus. An Energiestandorten sollen im Rahmen des Strukturwandels und der Umorientierung auf ein nachhaltiges Energiesystem im Rahmen der Möglichkeiten Ersatzarbeitsplätze im Bereich effizienter Energienutzung oder in Zukunftsenergien geschaffen werden.

(98) Arbeitnehmerinteressen (Arbeitsbedingungen, Löhne, Sozialleistungen, Arbeitszeitverkürzung, neue, flexible Arbeitsformen, Mitbestimmung) müssen im Rahmen der allgemeinen Entwicklung im gesamten Bereich der Energieerzeugung und -nutzung gesichert und weiterentwickelt werden.

(99) Die Formen nachhaltiger Energieerzeugung und -nutzung müssen wachsende Bedeutung in den Ausbildungsgängen der Universitäten, Fachhochschulen und des Handwerks sowie in den Fortbildungsangeboten auf allen Ebenen der Energieversorgung und -nutzung erhalten.

Ökonomische Ziele

(100) Die Energieproduktivität (das Verhältnis von realer Wirtschaftsleistung zum Primärenergieverbrauch) soll sich von 1990 bis 2020 um den Faktor 2,5 und bis 2050 um den Faktor 4 erhöhen. Dies entspricht einer durchschnittlichen jährlichen Steigerungsrate der Energieproduktivität von 3,1 % (bis 2020) beziehungsweise von 2,4 % (bis 2050). Dieses anspruchsvolle Ziel erscheint erreichbar, wenn es gelingt, die Nachfrageseite konsequenter in die Effizienzsteigerungsstrategien einzubeziehen. Energieeffizienzaktivitäten verringern auch die externen Kosten des Energiesystems.[68]

(101) Auf Grund des hohen Kapitalbedarfs und der langen Investitionszyklen ist eine auf Langfristigkeit und Nachhaltigkeit ausgerichtete Orientierung der Energiewirtschaft unerlässlich. Der Energiestandort Deutschland mit seinen hohen Standards an Verlässlichkeit und Sicherheit muss erhalten bleiben, weshalb im Zuge des Reinvestitionszyklus der deutschen Kraftwerke neue Anlagen in Deutschland auf der Basis der effizientesten Technik errichtet werden müssen. Dabei sollen vor allem der Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung und die Markteinführung erneuerbarer Energien vorangetrieben werden.

(102) Die Rahmenbedingungen für die deutsche Industrie müssen so angelegt sein, dass sie Innovationsmotor für neue Technologien und für Energieeffizienz entlang der gesamten Umwandlungskette werden kann. Derartige Innovationen können dazu beitragen, dass auch ihre internationale Wettbewerbsposition verbessert wird (first-mover-advantage).

(103) Die Wettbewerbsfähigkeit von Industrie und kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) muss durch effiziente und langfristig sichere Energieerzeugung und -nutzung erhalten und erhöht werden. Zur Verbesserung der Versorgungssicherheit und zur Absicherung gegenüber unkalkulierbaren Preisentwicklungen v. a. auf dem Weltölmärkten soll die Importabhängigkeit von Energieträgern reduziert, eine entsprechende Bevorratungspolitik verfolgt und die Energieträgerstruktur diversifiziert werden, insbesondere im Straßenverkehr mit bisher hundertprozentiger Abhängigkeit vom Erdöl.[69]

(104) Der Verkehrssektor verursacht weltweit – entgegen allen Zielsetzungen – steigende Treibhausgasemissionen. Die Industriestaaten haben bislang den weitaus größten Anteil am Weltverkehrsaufkommen, weshalb eine Reduktion der CO_2-Emissionen auch in diesem Bereich vorrangig ihre Aufgabe bleibt. Lösungen müssen gefunden werden, die die Verkehrsleistungen wesentlich stärker als bisher vom Kraftstoffverbrauch abkoppeln. Die Kommission empfiehlt, Maßnahmen zu ergreifen, um

---

[66] Sondervotum des Abg. Walter Hirche: Der planwirtschaftliche Ansatz der einzelnen Punkte ist deutlich. Kosten entstehen anscheinend nicht. Die „Beglückungspolitik“ von SPD und BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN ist hier signifikant erkennbar.

[67] Sondervotum des Abg. Prof. Dr. Paul Laufs: Die hier formulierten Ziele zu den Energiekosten stehen nach heutigem Wissen in eklatantem Widerspruch zu den weiter vorne vorgeschlagenen Maßnahmen.

[68] Sondervotum des Abg. Dr. Ralf Brauksiepe: Diese Steigerungsraten sind willkürlich gewählt. Angesichts der Tatsache, dass die durchschnittliche Steigerung im Jahr zwischen 1991 – 2001 1,4 % betrug, sind die Vorgaben irreal. Wunschdenken ersetzt die Realität.

[69] Sondervotum des Abg. Prof. Dr. Paul Laufs: Bedauerlicherweise wird die Rolle der EU völlig ausgeklammert. Das macht die Aussagen unbrauchbar.

das Gesamtkilometeraufkommen beim motorisierten Straßen- und Luftverkehr bis 2010 zu stabilisieren. Hierzu scheint es erforderlich zu sein, dass der Anstieg des Straßengüterfernverkehrs und des Flugverkehrs begrenzt wird.[70]

(105) Den Entwicklungs- und Transformationsländern muss der Spielraum für die Steigerung des Lebensstandards gesichert werden. Damit dies nicht zu hohen und damit nicht nachhaltigen Steigerungsraten des Weltenergieverbrauchs führt, müssen die Industriestaaten beim Export von Know-How, Anlagen, Maschinen und Fahrzeugen auf einen exzellenten technischen Standard achten. Daduch kann der „Leap-frogging" genannte Entwicklungseffekt gefördert werden, der es Entwicklungs- und Transformationsländer ermöglicht, bestimmte technische Entwicklungsstufen zu „überspringen" und bereits während ihres Entwicklungsprozesses den Einsatz modernster Technologien für ein nachhaltiges Energiesystem zu beschleunigen.

1.3 Geopolitische, internationale und europäische Entwicklungstrends

(106) In Kapitel 3 werden die weltweiten und europäischen Rahmenbedingungen für ein nachhaltiges Energiesystem der Zukunft und dessen Perspektiven skizziert. Dabei werden zunächst globale und regionale wirtschaftliche und demographische Entwicklungen beschrieben und ihre Auswirkungen auf politische Stabilität und Geopolitik untersucht. Ausschlaggebend für die konkreten Entwicklungen der nächsten Jahrzehnte in Deutschland sind die sich abzeichnenden Trends und Veränderungen auf der Ebene der Europäischen Union, die abschließend dargestellt werden.

(107) Den verschiedenen Projektionen zufolge wird die Weltbevölkerung bis zur Mitte dieses Jahrhunderts auf 9 bis 11 Milliarden Menschen anwachsen. Dieser Trend setzt sich aus regional sehr unterschiedlichen Entwicklungen zusammen: Europa einschließlich der Staaten Mittel- und Osteuropas sowie der früheren Sowjetunion und Japan werden mit alternder und schrumpfender Bevölkerung rechnen müssen, während die Einwohnerzahl vieler der heutigen Entwicklungsländer und auch Nordamerikas wachsen wird. Die chinesische Bevölkerung wird sich voraussichtlich stabilisieren, die indische jedoch noch erheblich weiter wachsen. Besonders dramatische Entwicklungen werden für Afrika südlich der Sahara erwartet, wo die Bevölkerung sogar erheblich abnehmen könnte. Für die Energieversorgung besonders relevant sind die Entwicklungen in den OPEC-Staaten, die teilweise so starke Bevölkerungszuwächse erfahren, dass die Gefahr sozialer und politischer Instabilität wächst. Weltweit, aber vor allem in den Ländern des Südens, wird der Trend zur Urbanisierung anhalten: Im Jahr 2025 werden statt heute 2,4 etwa 5 Milliarden Menschen in Megastädten wohnen.

(108) Die Szenarienannahmen für das zukünftige, weltweite Wirtschaftswachstum streuen stark und reichen von 0,9 bis 2,6 % pro Jahr. Bis zum Jahr 2050 führen die Schätzungen im weltweiten Durchschnitt zu einem Bruttoinlandsprodukt pro Einwohner zwischen 7 000 und 20 000 US$ pro Kopf. Die wirtschaftlichen Ungleichgewichte in der Verteilung zwischen Nord und Süd bleiben nach den meisten Projektionen tendenziell erhalten, auch wenn einige Länder in Asien und Lateinamerika zur OECD aufschließen könnten. In einzelnen Ländern dürften sich auch die Einkommensunterschiede noch verstärken. Die damit verbundene wachsende soziale und politische Polarisierung widerspricht den Prinzipien einer gerechten Weltwirtschaftsordnung und könnte zudem zu erhöhten Gefahren des Terrorismus und im Endeffekt zu globaler Destabilisierung führen.[71] Entwicklungszusammenarbeit und Armutsbekämpfung, die helfen, hier entstehende Konfliktpotenziale zu entschärfen, sind daher für globale Nachhaltigkeitspolitik von herausragender Bedeutung.

(109) Geopolitisch wird sich im Zuge der Ablösung der bipolaren durch eine multipolare Welt die Zahl der strategisch maßgeblichen Länder vergrößern. Solche Länder sind zum Beispiel Indien, China und die großen lateinamerikanischen Länder, und nicht zuletzt wird auch Russland wieder eine verstärkte Rolle zukommen. Zwischen- und innerstaatliche Konflikte vor allem im Nahen Osten und der Golfregion könnten die Förderung und den Transport von Öl und Gas behindern und dadurch den Energieweltmarkt destabilisieren. Demgegenüber tritt das Problem physischer Verknappung von Energierohstoffen in den betrachteten Zeiträumen eher in den Hintergrund. Für den Aufbau einer weltweit nachhaltigen Energieversorgung sind daher außenpolitische Initiativen – auch zur Friedenssicherung – im Nahen Osten sowie im kaspischen Raum, im Iran und in Nordafrika, aber auch mit Blick auf Russland notwendig.

(110) Eine an Nachhaltigkeit orientierte „integrierende Globalisierung" bietet die Chance, bisher benachteiligte Länder in globale Wirtschaftskreisläufe und nachhaltigere Entwicklungsperspektiven einzubinden und somit zu stabilisieren. Dadurch könnten Polarisierungen und Konfrontationen in einer stärker wirtschaftlich verflochtenen Welt, die zu Renationalisierung, neuen Formen von Protektionismus und Isolationismus führen können, eingedämmt werden. Um die Vorteile und Chancen der integrierenden Globalisierung nutzbar zu machen, sind die neuen und etablierten Formen der internationalen Zusammenarbeit (WTO, Rio-Nachfolgeprozesse etc.) zu intensivieren bzw. auf das Leitziel der nachhaltigen Entwicklung auszurichten. Insbesondere die internationale Umweltpolitik bietet hier ein wichtiges Handlungsfeld.

---

[70] Sondervotum des Sachverständigen Prof. Dr. Dieter Schmitt: In einer offenen Gesellschaft geht es nicht darum, den Verkehr durch Maßnahmen zu beschränken, sondern um die Emissionssenkung. Verkehr ist die Konsequenz wirtschaftlichen Handelns und kann nicht ohne schädliche Rückwirkungen autonom begrenzt werden.

[71] Sondervotum des Sachverständigen Dr. Hans Jörg Henne: Die jüngsten Erfahrungen mit dem Terrorismus können die angeblichen Wirkungen einer sogenannten gerechten Wirtschaftsordnung nicht belegen.

(111) Langfristige Projektionen für Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen geben Anhaltspunkte für die unter Trendbedingungen zu erwartenden bzw. gestaltungsfähigen Entwicklungen in Bezug auf Umweltprobleme und Energieversorgungssicherheit. Betrachtet werden die Szenarienrechnungen des IPCC, die Szenarien der Weltenergiekonferenz, das Faktor-4-Szenario des Wuppertal Instituts sowie die Projektionen der US Energy Information Agency und der OECD/IEA. Aufgrund unterschiedlicher Szenariopfade und Annahmen sind die Spannweiten der Ergebnisse sehr groß. So unterscheidet sich z. B. der Primärenergiebedarf je nach Wachstumsannahmen um das Dreifache, regional in den OECD-Ländern auch um das Vierfache – vor allem aufgrund unterschiedlicher Annahmen über die Effizienzentwicklung. Noch größer sind die Unsicherheiten in den Entwicklungsregionen. Daraus resultiert, dass die Konzentration der Treibhausgase mit einer großen Bandbreite variiert; unter den Szenariopfaden sind indessen nur wenige, die zur Stabilisierung der atmosphärischen Treibhausgaskonzentrationen auf einem noch akzeptablen Niveau (450 bis 500 ppm) führen können. Die Kommission schließt aus diesen Szenarienrechnungen, dass es bewusster Klimaschutzpolitik und einer tiefgreifenden Veränderung von Energiesystemen im OECD-Bereich, aber zukünftig auch verstärkt in den Ländern des Südens, bedarf, um die von der UN-Rahmenkonvention zum Klimawandel geforderte Stabilisierung der atmosphärischen Treibhausgaskonzentrationen auf einem Niveau zu erreichen, mit dem gefährliche Folgen des Klimawandels für menschliche Gesellschaften vermieden werden können.

(112) Trotz aller Unterschiede können aus den unterschiedlichen Szenarien einige robuste Strategien abgeleitet werden: Alle Szenarien, die zur Stabilisierung der Treibhausgaskonzentrationen auf noch akzeptablen Niveaus führen und daher eine zentrale Voraussetzung für Nachhaltigkeit erfüllen, weisen übereinstimmend folgende Strategieelemente auf:[72] Die fossilen Brennstoffe verlieren an Bedeutung und die Kohlenstoffintensität der fossilen Energieträger sinkt im globalen Durchschnitt. Das bedeutet einen Trend weg von kohlenstoffreichen fossilen Energieträgern. Die Energieeffizienz in diesen Szenarien wird massiv verbessert und zwar im globalen Mittel um das 2,3 bis 3,1fache in den nächsten 50 Jahren. Die Nutzung erneuerbarer Energiequellen wird im gleichen Zeitraum um den Faktor 7 bis 8 gesteigert. Zur Kernenergie folgen die Szenarien unterschiedlichen gesellschaftlichen Richtungsentscheidungen. Aber selbst wenn Akzeptanz für eine weltweite Nutzung der Kernenergie unterstellt wird, bleibt sie in den meisten Szenarien ein Element mit begrenztem Wirkungsbeitrag.[73]

[72] Sondervotum des Abg. Franz Obermeier: Die Frage der Definition eines akzeptablen Niveaus bleibt unklar. Szenarien unter Einschluss der Kernenergie sollen offensichtlich ausgeschlossen werden.

[73] Sondervotum des Abg. Kurt-Dieter Grill: Der Begriff „begrenzter Wirkungsbeitrag“ ist unbestimmt und soll offensichtlich verschleiern, dass die internationalen Klimaschutzziele ohne Kernenergienutzung nicht zu erreichen sind.

(113) Deutschlands Energieversorgung und Energiepolitik werden zunehmend durch die Europäische Union beeinflusst, insbesondere durch die europäische Rahmengesetzgebung in der Wettbewerbs- und Umweltpolitik sowie die gemeinsame Führungsrolle im globalen Klimaschutzprozess. Richtlinien zur Schaffung des Binnenmarktes für Strom und Gas, zum Einsatz erneuerbarer Energiequellen, zur Steigerung der Energieeffizienz und zur Begrenzung von Schadstoffemissionen oder das Kioto-Protokoll machen zunehmend ein koordiniertes Handeln innerhalb der Europäischen Union erforderlich. Mit dem geplanten EU-weiten Emissionshandel sowie durch Maßnahmen zur Versorgungssicherheit werden aktuell neue Dimensionen europäischer Politik eröffnet. Umgekehrt müssen traditionelle Vertragswerke wie EURATOM[74] dahingehend überprüft werden, ob sie noch der aktuellen Situation und den Kriterien nachhaltiger Entwicklung entsprechen. Anzustreben ist ein weitgehend widerspruchsfreies Zusammenspiel dieser Rahmensetzungen miteinander und mit nationalen Maßnahmen. Die Kompetenzen für energiepolitisch relevante Handlungsfelder müssen konsistent verteilt werden.

(114) Wichtige Entwicklungen werden durch die geplante Erweiterung der EU um die Staaten Mittel- und Osteuropas ausgelöst. Trotz der gegenüber den westeuropäischen Staaten deutlich schwächeren einheimischen Wirtschafts- und Kaufkraft sind große Strukturreformen notwendig. Dies betrifft auch die Energieversorgung. Energiepreise und -märkte werden liberalisiert. Gleichzeitig müssen, unter anderem um die europäischen Umwelt- und Sicherheitsstandards umzusetzen, alte Anlagen saniert oder erneuert werden. Insbesondere ist eine forcierte Politik zur Erhöhung der Energieeffzienz bei Energieanwendung und -erzeugung erforderlich, weil hier besonders hohe Defizite zu verzeichnen sind.

(115) Der Ausblick auf die zukünftigen Entwicklungen in Europa wird davon bestimmt, dass die Strom – und Gasmärkte trotz der Marktöffnung weitgehend national orientiert und organisiert blieben, auch wenn sich die großen Energieversorgungsunternehmen verstärkt internationalisiert haben. Der Abbau dieser Diskrepanz durch den weiteren Ausbau des Binnenmarktes sowie die Schaffung konsistenter ökologischer und wettbewerblicher Rahmenbedingungen für die liberalisierten Energiemärkte und der Abbau von Hemmnissen für die Substitution von Energie durch Effizientechnologien muss in verstärktem Maße auf europäischer Ebene angegangen werden.

1.4 Potenziale und Szenarien für die Entwicklung in Deutschland

(116) Um Strategien für die nachhaltige Gestaltung der Energiewirtschaft der Zukunft entwickeln zu können, sind Vorstellungen darüber zu erarbeiten, wohin die Fortsetzung

[74] Sondervotum des Sachverständigen Prof. Dr. Dieter Schmitt: Die Überprüfung des EURATOM-Vertrages steht im Widerspruch zur Forderung nach seiner Beendigung, wie im Mehrheitstext, Kapitel 1.1 – Ansatzpunkte in der Europapolitik, gefordert.

bisheriger und künftig zu erwartender Trends der demographischen, der sozialen, der technisch-ökonomischen und der politischen Einflussfaktoren bis zum Jahr 2050 führen kann. Dies geschieht in Kapitel 4. Eine Bestandsaufnahme der Entwicklungen des letzten Jahrzehnts in Bezug auf die Elemente der Energie- und Treibhausgasbilanzen zeigt, dass die Energieeffizienzkennzahlen schon wesentlich verbessert und der Zuwachs des Treibhausgasausstoßes reduziert werden konnten, dass jedoch weiterhin große Verbesserungsspielräume bestehen und genutzt werden müssen.

(117) So haben sich von 1991 bis 2001 das gesamtwirtschaftliche Wachstum (1,5 % jährlich) und die Energieproduktivität (1,4 % jährlich) nahezu parallel entwickelt; das bedeutet aber auch, dass die Effizienzgewinne und das Wirtschaftswachstum sich bezüglich Emissionsreduktionen zunächst gegenseitig „ausgleichen“. Die sektorale Verbrauchsstruktur hat sich dagegen in den neunziger Jahren deutlich verändert: Während der Energieverbrauch im Jahr 2000 insbesondere im Energiesektor (also – energiebilanztechnisch gesehen – in den Umwandlungssektoren) sowie in der Industrie und im Bereich Gewerbe, Handel, Dienstleistungen niedriger war als 1990, ist er vor allem im Verkehr, aber auch bei den privaten Haushalten zuletzt spürbar höher gewesen; zugenommen hat auch der nichtenergetische Verbrauch fossiler Energieträger.

(118) Die Sektorstruktur des Energieverbrauchs spiegelt sich in etwa auch bei den CO_2-Emissionen wider: Der mit Abstand größte Emittent war der Energiesektor, gefolgt vom Verkehr, der Industrie, den Haushalten und dem Bereich Gewerbe, Handel, Dienstleistungen. Die energiebedingten CO_2-Emissionen sind wesentlich stärker als der gesamte Primärenergieverbrauch gesunken: Im Jahr 2000 waren sie um rund 15 % niedriger als 1990. Jahresdurchschnittlich gingen die CO_2-Emissionen über den Zeitraum von 1990 bis 2001 hinweg temperaturbereinigt um 3 % zurück. Von 1990 bis 1993 waren es im Zuge des Wiedervereinigungsprozesses 5,2 % pro Jahr, von 1993 bis 2001 aber nur 2,1 %.

(119) Ein Referenzszenario, das im Auftrag der Kommission in einer Kooperation der PROGNOS AG, dem IER Stuttgart und dem Wuppertal Institut erarbeitet wurde, schreibt diese Entwicklung in die Zukunft fort (vgl. Abschnitt 4.2). Dem Referenzszenario liegen optimistische Annahmen über die wirtschaftliche Entwicklung, insbesondere aber auch über die Verbesserung der Energieeffizienz zugrunde. Zusammen mit dem langfristig erwarteten kräftigen Rückgang der Bevölkerung sinkt daher im Ergebnis der Energieeinsatz insgesamt bereits stark und die gesamtwirtschaftliche Energieeffizienz wird deutlich erhöht. Dennoch ist der durch das Referenzszenario beschriebene Energiepfad nicht als nachhaltig zu bezeichnen. Die begrenzten Energieressourcen werden nach wie vor sehr hoch beansprucht. Vor allem aber werden die aus Klimaschutzgründen geforderten Emissionsreduktionsziele erheblich verfehlt – und damit ergibt sich eine zentrale Verletzung der Nachhaltigkeitskriterien.

(120) Die Kommission kommt vor diesem Hintergrund zu dem Ergebnis, dass eine Entwicklung entsprechend dem Referenzszenario ebensowenig nachhaltig ist wie die heutige Energieversorgung und deshalb keine akzeptable Basis für die Zukunft darstellt. Eine Fortschreibung der heutigen Entwicklungstrends des Energiesystems führt nicht zu einer nachhaltigen Entwicklung. Es besteht beträchtlicher energie- und umweltpolitischer Handlungsbedarf.[75]

(121) Um die künftigen Bandbreiten, Möglichkeiten, Gestaltungsoptionen und Entwicklungsperspektiven energiewirtschaftlicher Veränderungen abschätzen zu können, werden die nachfrage- und angebotsseitigen Potenziale und Optionen der rationellen Energienutzung und Energiebereitstellung, der Steigerung der Materialeffizienz sowie die Potenziale und Entwicklungsperspektiven insbesondere von erneuerbaren Energiequellen eingehend in Abschnitt 4.3 analysiert. Sie werden gegliedert nach Sektoren und Bereichen der Energieanwendung diskutiert; dabei gibt die Kommission auch Hinweise auf spezifische Hemmnisse bei der Ausschöpfung dieser Potenziale und auf Handlungsmöglichkeiten zu ihrer Überwindung. Ergänzt wird die Analyse der technischen Potenziale um Überlegungen zu dem bisher noch wenig erforschten Feld der verhaltensbedingten Potenziale einer nachhaltigen Energienutzung.

(122) Für die einzelnen Sektoren lassen sich die Analysen zu folgenden Kernaussagen verdichten:

(123) Der Energieverbrauch der privaten Haushalte, dessen Anteil am gesamten Endenergieverbrauch fast 28 % beträgt, wird vom Raumwärmebedarf dominiert. Einsparungen können in erheblichem Umfang beim Ersatz oder der energetischen Sanierung schlecht gedämmter Gebäude erzielt werden. Bestimmend sind hier vier Parameter: die Qualität und Konsequenz der Umsetzung der Prinzipien integraler Planung und Ausführung (Maßnahmenmix aus Einsparung, Effizienz und erneuerbaren Energien), das Verhalten der Bewohner, der Standort der Häuser (Stadt/Land) und schließlich die Kosten. Nach dem heutigen Stand der Technik kann der Energiebedarf im Bestand um etwa 70 Prozent („3-Liter-Haus“) gemindert werden, indem bekannte und erprobte Einzelmaßnahmen geschickt verknüpft werden. Im Neubau gibt es inzwischen zahlreiche Beispiele von noch effizienteren Gebäuden, die überwiegend oder vollständig mit Solarenergie versorgt werden. Erheblich sind auch die Potenziale zur Reduzierung des Stromverbrauchs im Haushaltsbereich: Beispielsweise durch den Einsatz hocheffizienter Haushaltsgeräte, neuer Leuchten und neuer Heizungspumpen und -regelung. Die Möglichkeit, Stand-by-Schaltungen zunächst bedarfsgerecht zu benutzen und in Zukunft neue elektronische Lösungen in den Geräten zu verwenden, eröffnet erhebliche Einsparpotenziale. Viele dieser Poten-

[75] Sondervotum des Abg. Kurt-Dieter Grill: Für eine derart pauschale Bewertung des Referenzszenarios mit Bezug auf nachhaltige Entwicklung hat die Arbeit in der Kommission keine Hinweise gebracht. Darüber hinaus stehen die Aussagen im Widerspruch zu Kapitel 1.1.

ziale sind zudem oftmals – über die Lebensdauer gerechnet – kostengünstiger als weniger effiziente Geräte.[76, 77]

(124) Im Sektor Industrie mit einem Anteil von gut 25 % am deutschen Energieverbrauch existieren nach wie vor große wirtschaftliche Chancen zur Senkung des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen. Wichtig ist jedoch, wie diese realisiert werden können und welche Ansatzpunkte sich für die Gestaltung von Maßnahmen anbieten. Hierfür sind integrierte Ansätze zur Reduzierung der Energie- und Stoffströme sowie weitreichende verhaltens- und organisationsbezogene Veränderungen in den Unternehmen – insbesondere in kleinen und mittleren Unternehmen – erforderlich. Erschwerend für die Mobilisierung dieser Potenziale wirkt die große technologische Heterogenität des Energieeinsatzes. Der größte Beitrag zur Steigerung der Energieeffizienz (zwischen 30 und 80 % je nach Anwendungsbereich) liegt in Verfahrens- und Produktsubstitutionen. Ein zweiter wichtiger Ansatzpunkt ist die integrale Planung und Optimierung der industriellen Wärme- und Kälteversorgung innerhalb der Betriebe und in der Kooperation zwischen Unternehmen.

(125) Der Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) ist außerordentlich heterogen strukturiert und energiestatistisch nur wenig differenziert erfasst. In Energiebilanzen ergibt sich der Energieverbrauch dieses Sektors zusammen mit demjenigen der privaten Haushalte als „Restrechnung“. Gegenwärtig entfallen auf ihn etwa 16 % des gesamten Endenergieverbrauchs in Deutschland, zu etwa gleichen Teilen von Gasen, Strom und Mineralölprodukten gedeckt. Hier dominiert der Energieeinsatz für die Raumheizung mit rund 47 % (2000), gefolgt vom Bereich mechanische Energie (gut 22 %), der sonstigen Prozesswärme (14,5 %) sowie der Warmwasserbereitung (gut 10 %) und der Beleuchtung (etwa 6 %). Auch im Sektor GHD sind noch große Energieeinspar- und CO_2-Minderungspotenziale vorhanden, besonders in fünf Querschnittsbereichen, die für alle Branchen diese Bereiches bedeutsam sind: Heizung, Kühlung und Klimatisierung, Warmwasserbereitung, Beleuchtung und Elektrogerätenutzung. Vielfach werden die hier bestehenden Potenziale aber nur zögerlich umgesetzt, zum Beispiel aufgrund z. T. fehlender Wirtschaftlichkeit, unzureichender Anreize und von Kapitalmangel, mangelnder Information und Motivation der Akteure sowie fehlender Kontrolle des Vollzugs. Hier erschließt sich ein wirksames Feld für Contracting-Aktivitäten.

(126) Der Bereich Verkehr trägt heute mit rund 22 % zu den energiebedingten CO_2-Emissionen in Deutschland bei, sein Anteil am Endenergieverbrauch liegt bei 30 %, jeweils mit steigender Tendenz. Auch weltweit steigen die Energieverbräuche und die CO_2-Emissionen des Verkehrs. Die bisherigen und die im Trend weiter erwarteten Zuwächse im Gesamtverkehrsaufkommen ergeben sich als Folge und zugleich Voraussetzung gesellschaftlicher sowie wirtschaftsstruktureller Entwicklung. Das Zusammenwachsen Europas zu einem einheitlichen Wirtschaftsraum begünstigt die Ausdehnung von Produkt- und Distributionsnetzen. Um die Herstellungskosten deutscher Produkte zu senken, werden in steigendem Maße Zulieferungen aus bzw. Teilfertigungen in Ländern mit geringeren Arbeitskosten genutzt.[78]

(127) Bezüglich der lufthygienisch relevanten Emissionen an Schadstoffen – CO, NOx, unverbrannte Kohlenwasserstoffe, Partikel, SO_2, Schwermetalle (außer bei Abgaspartikel mit sehr kleinen Durchmessern) – dürften mit den Euronormen 4 und 5 die lufthygienisch erforderlichen Umweltqualitäten gesichert werden. Die wichtigsten Energieträger (Treibstoffe) im deutschen Verkehrssystem sind heute mit rund 45 % Benzin, Diesel mit knapp 42 % und im Flugverkehr Kerosin mit fast 11 % am Gesamtverbrauch des Sektors. Zwei Drittel des Energieeinsatzes im Verkehrsbereich sind (Stand 1999) auf den Personenverkehr zurückzuführen. Hiervon hält den Hauptanteil der motorisierte Individualverkehr (MIV), dessen Energieverbrauch sich allerdings innerhalb der nächsten Jahre bereits im Trend stabilisieren wird. Verkehrsaufkommen und Fahrzeugkilometer werden sich dann nur noch gering verändern und Fahrzeuge mit höherer Treibstoffeffizienz zum Einsatz kommen.

(128) In den vergangenen Jahren wurden bereits erhebliche Anstrengungen unternommen, leichtere Konstruktionen zu entwickeln. Die entsprechenden Fortschritte wurden aber im Wesentlichen durch den Trend zu höheren Standards bei aktiver und passiver Sicherheit, zu verminderter Anfälligkeit bei Bagatellunfällen, zu Komfortverbesserungen usw. kompensiert. Die Bemühungen der Fahrzeughersteller zum Leichtbau dürften auch in Zukunft fortgesetzt werden. Wenn bei den Ausstattungen eine gewisse Sättigung erreicht sein wird, könnten zukünftig die Gesamtgewichte fallen.

(129) Der (Straßen-)Güterverkehr ist während der letzten Dekade deutlich angestiegen. Eine Fortsetzung des überproportionalen Wachstums wird bei unveränderten Rahmenbedingungen auch für die Zukunft erwartet. Im Luftverkehr ist eine Stabilisierung oder gar Minderung nicht absehbar, weil im Trend der grenzüberschreitende Verkehr weiter wachsen wird.

(130) Für die zukünftige Entwicklung der Verkehrsnachfrage wird es von hoher Bedeutung sein, in welchem Umfang und mit welchen Strategien die Internalisierung der externen Kosten durchgeführt wird. Aus volkswirtschaftlicher Sicht empfiehlt die Kommission eine möglichst

---

[76] Sondervotum des Abg. Prof. Dr. Paul Laufs: Eine so weitreichende Erschließung von Potenzialen lässt sich nicht auf der Basis von theoretischen oder technischen Potenzialen diskutieren. Hier muss differenzierter, insbesondere bezüglich der Wirtschaftlichkeit argumentiert werden.

[77] Sondervotum des Sachverständigen Prof. Dr. Volker Schindler: Solange das Mietrecht eine Umlage von Energieeffizienzmaßnahmen auf die Mieter nicht zulässt, sind diese Aussagen Makulatur.

[78] Sondervotum des Abg. Franz Obermeier: Diese Aussage über eine Verlagerung deutscher Produktion ins Ausland wird im Gegensatz zu dieser Passage bei der Formulierung subventionsträchtiger Maßnahmen außer Acht gelassen.

vollständige Internalisierung der externen Kosten durch Steuern und Abgaben, um einer gesamtwirtschaftlich ineffizienten Übernutzung des Faktors Verkehr entgegenzuwirken.[79]

(131) Zusätzlich zur Verbesserung der Effizienz der Fahrzeuge können die Treibhausgasemissionen auch dadurch gemindert werden, dass die Treibstoffcharakterisik verändert wird. Herkömmliche Kraftstoffe können weiter verbessert und andere Primärenergieträger zur Synthetisierung der Endenergieträger Kerosin, Benzin und Diesel auf der Basis nachwachsender Rohstoffe eingesetzt werden. So kann ohne Systembruch mit frei wählbarer Geschwindigkeit von einer rein auf Erdöl basierenden Kraftstoffversorgung auf eine davon völlig unabhängige übergegangen werden.[80]

(132) Wasserstoff, erzeugt auf regenerativer Basis, werden langfristig die besten Chancen eingeräumt, sofern die entsprechende Infrastruktur aufgebaut wird. Auch Methanol werden Vorteile bei den Nutzfahrzeugen zugeschrieben. Bei Betrachtung des Gesamtsystems erscheint jedoch derzeit der direkte Einsatz regenerativ erzeugten Stroms für Fahrzeugantriebe solange als vorteilhaftere Option, bis die Wirkungsgrade der Wasserstoff- Bereitstellungskette erheblich gesteigert worden sind.

(133) Bei Pkw können die diskutierten Energiespartechniken und alternativen Antriebs-/Treibstoffkonzepte die im Trend bereits zu erwartenden Rückgänge des Energiebedarfs weiter verstärken und damit mittel- bis langfristig (bis 2050) energie- und klimapolitisch bedeutsam werden. Von wesentlich größerer Bedeutung ist kurz- und mittelfristig die Beeinflussung des Wachstums im (Straßen-)Güterverkehr und im Luftverkehr.[81] Vor dem Hintergrund der erzielbaren Effizienzgewinne, der bisher absehbaren Technikpotenziale sowie der anderen Probleme des Verkehrssektors (Flächenverbrauch, Lärm, Unfälle etc.) ist es unumgänglich, die Nachfrageentwicklung (z. B. durch neue Siedlungsstrukturen) und die Verkehrsmittelwahl stärker zu thematisieren und konsequent in die Überlegungen einzubeziehen, wie das Verkehrsaufkommen vermindert werden kann.

(134) Die Aspekte Energieeffizienz und Klimaverträglichkeit müssen bei den Verkehr betreffenden Entscheidungen der privaten Haushalte und der Verantwortlichen in Betrieben verankert werden. Dazu bedarf es einer die Bedeutung dieser Kriterien betonenden Kommunikation.[82]

[79] Sondervotum des Sachverständigen Prof. Dr. Dieter Schmitt: Die umweltbedingten externen Kosten scheinen für moderne Pkw bereits heute durch Mineralölsteuer und Ökosteuer bei weitem übertroffen zu werden, sind also bereits voll internalisiert. Dies gilt in geringerem Umfang auch für Lkw.

[80] Sondervotum des Abg. Dr. Ralf Brauksiepe: Hier wird suggeriert, dass eine grundsätzliche Veränderung der Energieträgerstruktur zum Nulltarif zu haben ist. Dies ist nicht zutreffend.

[81] Sondervotum des Abg. Walter Hirche: Die hier gemeinte „Beeinflussung“ lässt den Grad des Eingriffes offen.

[82] Sondervotum des Sachverständigen Jürgen-Friedrich Hake: Die Formulierung kaschiert die beabsichtigten dirigistischen Eingriffe, die zur Realisierung der beschriebenen Ziele unausweichlich sind.

(135) Am Segment „Verbrauch und Verluste im Umwandlungsbereich“ nimmt die Stromwirtschaft per Saldo den bei weitem größten Anteil ein. Der Energieeinsatz zur Stromerzeugung war in den neunziger Jahren leicht rückläufig; dabei hat sich die Energieträgerstruktur deutlich verändert: Weniger Braunkohle stehen mehr Kernenergie und steigende Anteile von erneuerbaren Energiequellen und Gasen gegenüber. In den neunziger Jahren wurde eine Verbesserung des mittleren Nutzungsgrades der Stromerzeugung von 36,5 % (1990) auf 38,4 % (2000) erreicht. Ausschlaggebend hierfür waren Systemoptimierungen, vor allem aber neue Materialien und Anlagenkonzepte. Auch im Bereich der konventionellen Großkraftwerke sind so – ungeachtet der zusätzlichen Möglichkeiten, die Wärmeauskopplung bei der Stromproduktion auszubauen – auch in Zukunft noch Wirkungsgradsteigerungen zu erwarten.

(136) In Deutschland müssen Ersatzkapazitäten bzw. Stromeinsparungen von etwa 40 bis 60 GW im ersten Viertel dieses Jahrhunderts realisiert werden, um vom Netz gehende Altanlagen zu ersetzen – dies entspricht Investitionen von mehr als 30 Mrd. Euro bis 2020 bzw. 50 bis 60 Mrd. Euro bis 2030. Diese Investitionen sollten überwiegend in Deutschland erfolgen. Hier nimmt die Stromerzeugung aufgrund des großen Investitionsvolumens und der langen Lebensdauer der Anlagen eine Schlüsselrolle für die nachhaltige Ausgestaltung des Energiesystems ein. Neben einer Weiterentwicklung der heute umfangreich genutzten Kraftwerkskonzepte können zukünftig einige neue Kraftwerkskonzepte eine wichtige Rolle spielen, zum Beispiel moderne Gasturbinen, vor allem in Kombiprozessen ggfs. auch in Verbindung mit der Kohlevergasung.

(137) Am 27. April 2002 ist in Deutschland die Novelle des Atomgesetzes in Kraft getreten, mit der unter anderem die Laufzeit der bestehenden Kernkraftwerke in Deutschland beschränkt und nach der keine Genehmigungen für die Neuerrichtung von Kernkraftwerken mehr erteilt werden. Die kritische Bewertung der Kernenergie in Bezug auf die drei Aspekte Restrisiko (verstärkt durch das aktuelle Risiko terroristischer Anschläge), Entsorgung und Wiederaufarbeitung sowie Missbrauchsgefahr ändert sich auch im Licht derzeitiger und absehbarer technischer Entwicklungen nicht.[83] Zwar weisen die evolutionär weiterentwickelten Reaktoren eine verbesserte Brennstoffausnutzung (höherer Brennstoffabbrand, bessere Anlageneffizienz etc.) und verbesserte Betriebseigenschaften auf, die strittigen Fragen zur Reaktorsicherheit und zur Entsorgung bleiben jedoch im Grundsatz unbeantwortet.[84]

[83] Sondervotum des Sachverständigen Prof. Dr. Volker Schindler: Die Tatsache, dass in anderen Ländern z.B. Finnland Kernkraftwerke gebaut werden, belegt, dass diese Sichtweise nicht von allen geteilt wird. Die Entsorgungsfrage ist in Deutschland politisch „betoniert.“

[84] Sondervotum des Abg. Prof. Dr. Paul Laufs: Die Bewertung der Vor- und Nachteile von nuklearen Energietechniken muss entsprechend ihrer Fortentwicklung kontinuierlich überprüft werden und kann von dieser Enquete-Kommission nicht für fünfzig Jahre vorweggenommen werden.

(138) Die gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme (sowie ggf. Kälte) in modernen Anlagen leistet unbestritten einen Beitrag zu Energieeinsparung und CO_2-Minderung.[85] Hier bestehen in Deutschland noch erhebliche unerschlossene Potenziale, auch unter Maßgabe erheblicher Energieeinsparungen im Wärmebereich. Etwa die Hälfte des gesamten technischen Potenzials ist dabei von der Verfügbarkeit und der Möglichkeit des wirtschaftlichen Betriebs sehr effizienter KWK-Anlagen für die dezentrale Objekt- und Hausversorgung (Kleinst-BHKW und Brennstoffzelle) abhängig.

(139) Mit modernen Heizkraftwerken sowie Motor- und Gasturbinen-BHKW stehen technisch ausgereifte Technologien im gesamten Leistungsspektrum zur Verfügung. In der Demonstrations- bzw. kurz vor der Markteinführungsphase befinden sich eine ganze Reihe von neuen Technologien (Mikrogasturbinen, Stirlingmotoren, Brennstoffzellen), die eine weitere Effizienzverbesserung und (teilweise) bessere Betriebseigenschaften erwarten lassen und insbesondere den Einsatzbereich weiter zu kleinen Leistungen ausweiten können. In Bezug auf die Brennstoffzelle gilt dies nicht nur für kleine KWK-Anlagen im Kilowattbereich, sondern auch bis hin zu mittleren Heizkraftwerken im Bereich von über 100 MW.

(140) Im Lichte des derzeit erreichten Entwicklungsstandes für die verschiedenen neuen in Entwicklung befindlichen Technologien können wesentliche technologische und wirtschaftliche Verbesserungen im Laufe der nächsten 10 bis 20 Jahre erwartet werden. Gleichzeitig fügen sich die modernen KWK-Technologien sehr günstig in den sich abzeichnenden Trend einer stärkeren Dezentralisierung und Vernetzung (vgl. Kapitel 4.3.7) der Energieversorgung ein. Wesentliche Markterfolge hängen jedoch insbesondere von günstigen energiepolitischen Rahmenbedingungen sowie von kontinuierlichen und konzentrierten Forschungsanstrengungen ab.

(141) Die Kosten von CO_2-Abtrennung und Speicherung – ca. 40 bis 100 €/t CO_2, je nach Technologie entspricht dies um 1,5 bis 9 ct/kWh erhöhten Stromerzeugungskosten – werden vor allem durch die Kosten der Abtrennung sowie ggf. des Transports dominiert. Große naturwissenschaftliche und technische Unsicherheiten bestehen bei den CO_2-Einlagerungspotenzialen. Der maximale Emissionsminderungsbeitrag von CO_2-Abtrennung und -Speicherung im Umwandlungssektor Deutschlands beziffert sich auf höchstens 10 % der Emissionen von 1990. Dabei wird sich der Einsatz dieser Technologien aus Kostengründen auf Standorte nahe der potenziellen CO_2-Endlager beschränken müssen. CO_2-Abtrennung und -Speicherung bilden damit eine potenzielle Option für die mittlere bis langfristige Perspektive, stehen aber unter dem Vorbehalt erheblicher technischer Innovationen, der Absicherung und Ausweitung des Kenntnisstandes über die verschiedenen Speicheroptionen, der ökologischen Verträglichkeit sowie der sozialen Akzeptanz.

(142) Die regenerativen Energiequellen bieten ein unerschöpfliches Energiepotenzial, das den derzeitigen Weltenergieverbrauch um mehrere Größenordnungen übersteigt. Die regenerativen Energiequellen mit ihren direkten und indirekten Nutzungsmöglichkeiten sind aus technischer Sicht grundsätzlich in der Lage, alle heute und in Zukunft benötigten Sekundärenergieträger bzw. Nutzenergieformen bereitzustellen. Von den drei regenerativen Energiequellen, solare Strahlung, Geothermie und Gezeitenkraft, weist die Sonnenenergie bei weitem das größte Potenzial auf.[86]

(143) Für die Nutzung der erneuerbaren Energiepotenziale stehen vielfältige Technologien bereit, die bisher unterschiedliche technische Entwicklungsstände erreicht haben.

(144) Die Frage, warum regenerative Energiequellen nicht längst den überwiegenden Teil der Energieträger stellen, ist historisch, technisch und wirtschaftlich zu beantworten. Mit der zunehmenden Verfügbarkeit billiger fossiler Brennstoffe und der Entwicklung preiswerter und sicherer Wandlungstechnologien dafür ist die historisch ursprünglich vorherrschende Nutzung erneuerbarer Technologien zurückgegangen mit der Nebenfolge, dass diese Technologien eine Zeit lang nicht mehr weiterentwickelt worden sind.

(145) Des weiteren hat ein Teil der erneuerbaren Energietechnologien zwei Eigenschaften, die ihre Nutzung bisher erschwert haben: Die geringe Leistungsdichte (bezogen auf Fläche oder Volumen) sowie ihre Schwankungen im Energiedargebot. Für die Biomasse- und Geothermie-Anwendungen – die größten Potenziale – und zum Teil auch für die Wasserkraft gilt dies allerdings nicht; sie sind – technisch gesprochen – grundlastfähig. Mit ihnen kann daher – auch in Kombination mit den anderen fluktuierenden, nicht ständig verfügbaren erneuerbaren Energiequellen – ein bedarfsgerechtes Erzeugungsprofil zur Verfügung gestellt werden. Mittel- und langfristig werden sich die Möglichkeiten für derart integrierte Konzepte durch die Entwicklung der Informationstechnologie („virtuelle Kraftwerke“), von Speichersystemen sowie der Bereitstellung von Sekundärenergieträgern noch verbessern.

(146) Den beiden Nachteilen der regenerativen Energiequellen stehen jedoch entscheidende Vorteile gegenüber:

– der heute am stärksten ins Gewicht fallende Vorteil ist die Tatsache ihrer Umweltverträglichkeit im Betrieb

– sie sind unerschöpflich

– global gesehen sind sie viel homogener verteilt als fossile oder nukleare Energiereserven

– darüber hinaus werden sie durch die Natur häufig kostenlos bereitgestellt und die absehbaren (z. T. erheblichen) Kostensenkungspotenziale der Wandlertechnologien führen in Verbindung mit der Internalisierung

---

[85] Sondervotum des Abg. Prof. Dr. Paul Laufs: KWK ist nur dort sinnvoll, wo die erzeugte Wärme genutzt werden kann. Große Wärmeverbraucher mit passenden Lastgängen sind selten.

[86] Sondervotum des Abg. Kurt-Dieter Grill: Potenziale sagen bedauerlicherweise nichts über Kosten aus. Letztlich entscheidet die Wirtschaftlichkeit über die Anwendung.

externer Kosten zu einer zunehmenden Wettbewerbsfähigkeit

(147) Der Marktanteil der regenerativen Energietechniken zeigt in Deutschland seit 1990 einen Aufwärtstrend. In Europa ist inzwischen die Biomasse (mit einem Anteil von 64 % an den regenerativen Energiequellen insgesamt) vor der Wasserkraft die meist genutzte erneuerbare Energiequelle. Solarthermie und in den letzten Jahren Windenergie liefern zunehmend größere Beiträge zur Energieversorgung Europas. In allen Ländern Europas steigt in den letzten Jahren der Anteil der erneuerbaren Energietechnologien am Markt.

(148) Für Europa ist im Weißbuch der EU das Ziel festgelegt worden, den Anteil der erneuerbaren Energien in der EU bis zum Jahr 2010 auf zunächst 12 % des Bruttoinlandsenergieverbrauchs der EU zu steigern.[87]

(149) Das Hauptargument gegen erneuerbare Energien wird oft in ihrer „mangelnden Wirtschaftlichkeit“ gesehen. Dabei wird aber meist nur auf die Kosten im betriebswirtschaftlichen Sinne Bezug genommen, und es werden die gesamtwirtschaftlichen/sozialen Kosten vernachlässigt. Daher hat das Prinzip der Internalisierung externer Kosten für den Vergleich von Energiepreisen eine zentrale Bedeutung. Das weltweite Energiesystem wird sich nur dann in Richtung Nachhaltigkeit entwickeln, wenn die Energiepreise zunehmend mehr – zumindest in der Dimension – die „ökologische Wahrheit“ abbilden.[88] Die methodischen Probleme bei der Bestimmung externer Kosten machen wiederum deutlich, dass diese Betrachtung eine politische Diskussion nicht ersetzen kann.[89]

(150) Die Potenziale zur Minderung der CO_2- Emissionen sind nicht auf Sektoren, Wandler- oder Einspartechnologien beschränkt. Es gibt einige Querschnittsbereiche, die relevante Beiträge liefern können.

(151) So bieten Innovationen bei der Steuerungs- und Regelungstechnik Möglichkeiten zur Erschließung hoher Effizienzpotenziale, zum Beispiel durch „Gebäudeintelligenz“[90] und „Virtuelle Kraftwerke“.

(152) Im Bereich der Bürogebäude und Zweckbauten ist die „Gebäudeintelligenz“ bereits mehr oder weniger Standard. Im Wohnhausbereich wurden Effizienzpotenziale bisher unter architektonischen und bauphysikalischen Fragestellungen betrachtet. Die Basis für ein intelligentes Gebäude/Wohnhaus bildet grundsätzlich eine Kommunikationsinfrastruktur (Feldbus), über die Geräte miteinander kommunizieren und gesteuert werden. Die Schnittstelle zwischen externem Netz mit einen Dienstleister und dem Inhaus-Netz scheint zunehmend auch die interne Vernetzung zu beschleunigen und anzutreiben. Es zeigt sich ein Trend zur Standardisierung der Systeme. Die bisherigen Zielgruppen für „Intelligente Gebäudetechnik“ befanden sich im Sektor für Nutzbauten in Industrie, Gewerbe und öffentlichen Bereich. Große ungenutzte Einsatzmöglichkeiten liegen jedoch im privaten Haus- und Mietwohnbereich, auch in Altbauten.[91]

(153) Die Energieversorgung der Zukunft wird auf der Erzeugungsseite stärker dezentral aufgebaut sein:[92] bisherige Energieverbraucher werden teilweise auch zu Energielieferanten. Kommunikationstechnologie und Mikroprozessoren in Energieerzeugungs- und Verbrauchsanlagen beim Endkunden werden es Energiedienstleistern ermöglichen, in einem elektronischen „Dialogprozess“ das Lastmanagement mit vielfältigeren Methoden vorzunehmen als bisher. Durch die intelligente Verknüpfung zentraler und dezentraler Energieeinheiten mit dem Netzverbund ist bei steigendem Einsatz dezentraler Systeme im Laufe der nächsten zwanzig Jahre ein Primärenergie-Einsparpotenzial von mindestens 20 % möglich. Dabei ist gleichbleibende Versorgungssicherheit möglich. Hier sind allerdings noch Entwicklungsaufgaben zu lösen und Betriebserfahrung zu gewinnen.[93]

(154) Der gesamte Bereich der Materialwirtschaft (Rohstoffe und Produkte sowie deren Nutzung) bietet ein erhebliches Effizienzpotenzial. Eine sektoral ausgerichtete Analyse der fünf technisch-organisatorischen Optionen Recycling, Materialeffizienz, Werkstoffsubstitution, Nutzungsintensivierung und Lebensdauerverlängerung eröffnet eine Fülle von Möglichkeiten, mit denen der spezifische Energiebedarf je Dienstleistung reduziert werden könnte.[94] Neben den Kosten sind wesentliche Hemmnisse in diesem Bereich verhaltens-, einstellungs- und designbedingt. Mangelnde Reparaturmöglichkeiten, bewusst einkalkulierter Verschleiß bei Gebrauchsgütern und nicht mehr lieferbare Ersatzteile machen bei vielen Gebrauchsgütern eine längere Nutzungsdauer unmöglich. Allerdings

[87] Sondervotum des Sachverständigen Dr. Hans Jörg Henne: Die dargestellte Entwicklung erfolgt nur auf Grund einer massiven Subventionierung.

[88] Sondervotum des Sachverständigen Prof. Dr. Dieter Schmitt: Diese Betrachtung legt die Vermutung nahe, die umweltbedingten externen Kosten übersteigen die bisherige steuerliche Belastung von Energieträgern um Faktoren. Für viele Bereiche ist dies falsch.

[89] Sondervotum des Abg. Walter Hirche: Mit der Studie der EU-Kommission „EXTERNIE“ liegt ein Basispapier vor, das erste Ansätze zur Definition externer Kosten nennt. Es besteht jedoch noch erheblicher Forschungsbedarf, der nicht durch eine politische Diskussion ersetzt werden kann.

[90] Sondervotum des Abg. Dr. Ralf Brauksiepe: Die Installation von „Gebäudeintelligenz“ im Bestand erfordert erhebliche Investitionen. Hier ist unbedingt zwischen technischen und wirtschaftlichen Potenzialen zu unterscheiden.

[91] Sondervotum des Sachverständigen Dr. Hans Jörg Henne: Die Feststellungen sind realitätsfremd, so lange das Mietrecht nicht die Umlage von Energieeffizienzmaßnahmen auf die Mieter ermöglicht.

[92] Sondervotum des Abg. Prof. Dr. Paul Laufs: In wie weit es zu dezentraleren Energieversorgungsstrukturen kommen wird, ist völlig offen. Die Diskussion in der Kommission hat gezeigt, dass für einen derartigen Wechsel unseres Energiesystems massive staatliche Eingriffe erforderlich sind.

[93] Sondervotum des Abg. Walter Hirche: Der Widerspruch zwischen dem Idealbild, das als vermeintliche Realität – ohne Nennung von Kosten – dargestellt wird, und den tatsächlichen Gegebenheiten ist offensichtlich. Nicht zuletzt wird dies durch die Formulierung „noch Betriebserfahrung zu gewinnen“ deutlich.

[94] Sondervotum des Sachverständigen Dr. Hans Jörg Henne: Lange Lebensdauer von Geräten und Verbesserung der Energieeffizienz können im Gegensatz zueinander stehen. Klarheit können Life-Cycle-Analysen bringen.

sind auch die Lebensstile verschiedener sozialer Milieus nicht auf langlebige Gebrauchsgüter ausgerichtet. Vom Steuerrecht her bedingte Abschreibungszeiträume können die Nutzungszeiten beeinflussen, oder sie verleiten zu Erwartungen an kurze Kapitalrücklaufzeiten, die von den langlebigeren Investitionsoptionen wegen etwas höherer Investitionskosten nicht erfüllt werden können, aber wegen ihrer längeren Nutzungszeiten auch nicht erbracht werden müssen.

(155) Das Verhalten bei Kauf- bzw. Investitionsentscheidungen[95] und bei der Nutzung (einschließlich Wartung und Instandhaltung) energieverbrauchender Güter und Dienstleistungen wird maßgeblich von Konsumpräferenzen, Lebensstilen und Wertsystemen bestimmt. Für die Entwicklung eines nachhaltigen Energiesystems sind auch jene Verhaltenspotenziale von Bedeutung, die sich auf Qualitätsänderungen beim Angebot und bei der Nachfrage nach Energiedienstleistungen beziehen. Im Zuge einer zukünftig verstärkten Dezentralisierung der Strom- und Wärmebereitstellung könnte der bewusstere Umgang mit Energie eine größere Rolle spielen. Es ist daher wichtig, die Analyse des rein ökonomisch bedingten Investitions- und Verbrauchsverhaltens durch die Erforschung von weiteren nicht weniger wichtigen sozialpsychologischen und ethischen Determinanten von „Verhalten“ anzureichern. Dies gilt oft auch für Unternehmen, die ohne zusätzliche Motivationsimpulse und verhaltensändernde Randbedingungen auch eigentlich hoch rentable Energieeffizienzmaßnahmen nicht realisieren (sogenannte „gehemmte Potenziale“).

(156) Dem Zusammenhang zwischen der individuellen Motivation, dem innerbetrieblichen Engagement und der allgemeinen gesellschaftlichen Ökologiediskussion sollte durch umfassende Zukunftsfähigkeitsdebatten auf allen gesellschaftlichen Ebenen Rechnung getragen werden. Die Änderung von Verhaltensmustern und ein an einem neuem Wohlstandsmodell orientierter Lebensstil (eine Verbindung von Effizienz und Suffizienz) muss nicht als Verlust, sondern kann sogar als eine Steigerung von Lebensqualität empfunden werden. Suffizienz im Sinne von „gut leben, statt viel haben“ ist auch eine Frage der Wahrnehmung bzw. sozial vermittelter Konsumerwartungen.[96]

(157) In allen Sektoren bestehen erhebliche und vielfältige Hemmnisse zur Erschließung der Einsparpotenziale. Um diese zu überwinden, ist auch eine Verstärkung der sozio-ökologischen Umsetzungsforschung erforderlich und den energierelevanten Aspekten in der Aus- und Weiterbildung mehr Aufmerksamkeit zu widmen.[97]

[95] Sondervotum des Abg. Walter Hirche: Kauf- und Investitionsentscheidungen sind im Ergebnis immer die Summe vieler Gesichtspunkte. Eine einseitige Ausrichtung auf Energie erscheint in Zusammenhang mit nachhaltiger Entwicklung als nicht begründbar.

[96] Sondervotum des Abg. Franz Obermeier: Dieser Passus spiegelt die ideologiegesteuerten und widersprüchlichen Ansichten der Mehrheit der Kommission wieder.

[97] Sondervotum des Sachverständigen Jürgen-Friedrich Hake: Der vorliegende Text wird der Rolle von Forschung und Entwicklung zur Erschließung neuer und zur Erweiterung bestehender Potenziale bei effizienter Energiebereitstellung und rationeller Energieverwendung in keiner Weise gerecht.

1.5 Zielszenarien für Deutschland[98]

(158) In Kapitel 5 werden die im Auftrag der Kommission extern errechneten Zielszenarien dargestellt. Das beauftragte Gutachterkonsortium aus PROGNOS AG, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER) der Universität Stuttgart und Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie (WI) übernahm in weiten Teilen die Vorgaben der Kommission (energiepolitische Ausbauziele, Annahmen für Investitionskosten und ökonomische Parameter, etc.), musste aber zusätzlich eigene Annahmen treffen, zum Beispiel bei der Entwicklung der Energieeffizienz in den Anwendungssektoren. Um die Aussagekraft der Modellierung zu erhöhen und den Einfluss des Modellansatzes bewerten zu können, wurden die Szenarien und eine Variante in Modellkonkurrenz gerechnet: Während das IER das Energiesystem als Ganzes betrachtet und global unter ökonomischen Aspekten sektorübergreifend optimiert, minimiert das Simulationsmodell des Wuppertal-Instituts[99] die Kosten in einer eher sektoralen Betrachtungsweise und unter Anwendung zusätzlicher Entscheidungskriterien.

(159) Insgesamt wurden vierzehn Szenarien und Varianten gerechnet – alle unter der Maßgabe der ambitionierten Klimaschutzziele, die von einer Reduktion des Treibhausgasausstoßes um 80 % bis 2050 ausgehen. Drei Hauptszenarien stehen repräsentativ für die grundsätzlichen Entwicklungslinien einer zukünftigen Energieversorgung:

(160) Im Szenario „Umwandlungseffizienz“ wird eine Strategie der forcierten Steigerung der Effizienz in der Energieumwandlung und -anwendung gewählt. Die Nutzung der Kernenergie wird nicht fortgesetzt. Um fossile Energieträger (vor allem Kohle) trotz der ambitionierten Klimaschutzziele weiter nutzen zu können, wird die Abtrennung und Endlagerung von Kohlendioxid zugelassen.

(161) Im Szenario „REG/REN-Offensive“ wird bis 2030 aus der Kernkraft vollständig und bis 2050 aus der Nutzung der fossilen Energieträger soweit ausgestiegen, dass die Klimaschutzziele erreicht werden können. Zur Kompensation werden Energieeffizienz und erneuerbare Energiequellen massiv forciert. Der Anteil die erneuerbaren Energiequellen soll nach den Vorgaben im Jahr 2050 mindestens 50 % des Primärenergieverbrauchs betragen. Zusätzlich zu diesem Szenario wurde eine Variante Solare Vollversorgung modelliert, in der die Energieversorgung 2050 vollständig durch regenerative Energieträger gewährleistet wird. Eine dritte Variante unter dem Eindruck des 11. Septembers betrachtet, inwieweit ein sehr kurzfristiger Ausstieg aus der Nutzung der Kernenergie möglich ist.

[98] Sondervotum des Sachverständigen Prof. Dr.-Ing. Alfred Voß zu Kapitel 1.5 siehe am Ende des Kapitels.

[99] Sondervotum des Abg. Kurt-Dieter Grill: Das Simulationsmodell des Wuppertal Instituts minimiert eben die Kosten der Bereitstellung von Energiedienstleistungen nicht. Es zeigt damit keine kosteneffizienten Wege der CO_2-Minderung auf.

(162) Im Szenario „Fossil-nuklearer Energiemix“[100] wird die Nutzung der Kernenergie fortgesetzt und ein Ausbau ermöglicht. Der Ausbau der erneuerbaren Energien sowie die Energieeffizienz werden insofern nicht forciert. Die Abtrennung und Endlagerung von Kohlendioxid wird ebenfalls zugelassen. Im Referenzszenario und den anderen Szenarien noch enthaltene Restriktionen, z.B. im Verkehrs- und Gebäudebereich, werden zudem aufgehoben.

(163) Um die Unsicherheiten, die aufgrund von Annahmen über die Entwicklung zukünftiger Kosten schon beim Modellinput bestehen, abschätzen zu können, wurde zu jedem Szenario und auch zum Referenzszenario eine Variante gerechnet, der ein von der Minderheit der Kommission entworfener Datensatz zugrunde gelegt wurde. Damit konnte die Sensitivität der Modelle auf die Kostenvorgaben getestet werden.

(164) Tabelle 1-3 fasst die Ergebnisse der Szenarien zusammen. Die Abbildung 1-1 stellt die aus den Simulationen resultierenden Kraftwerksportfolios im Jahr 2050 dar. Analysiert man die Ausbaupfade, so lässt sich zusammenfassen:

a) auf die Kernkraft kann verzichtet werden;

b) eine maßgebliche Rolle für Stein- und Braunkohle kann nachhaltig nur dann aufrechterhalten werden, wenn die Abtrennung von CO_2 und dessen dauerhafte Speicherung technisch und kostengünstig gelöst wird;

c) Erdgas nimmt in einigen Szenarien eine wichtige Brückenfunktion beim endgültigen Übergang zu CO_2-freien Energieträgern ein;

d) eine solare Vollversorgung ist möglich;

e) die REG/REN-Offensive[101] in ihrer Hauptform ist ein Entwicklungspfad, der auch für Zeiträume jenseits der hier betrachteten Horizonte weitere Entfaltungsmöglichkeiten zulässt.

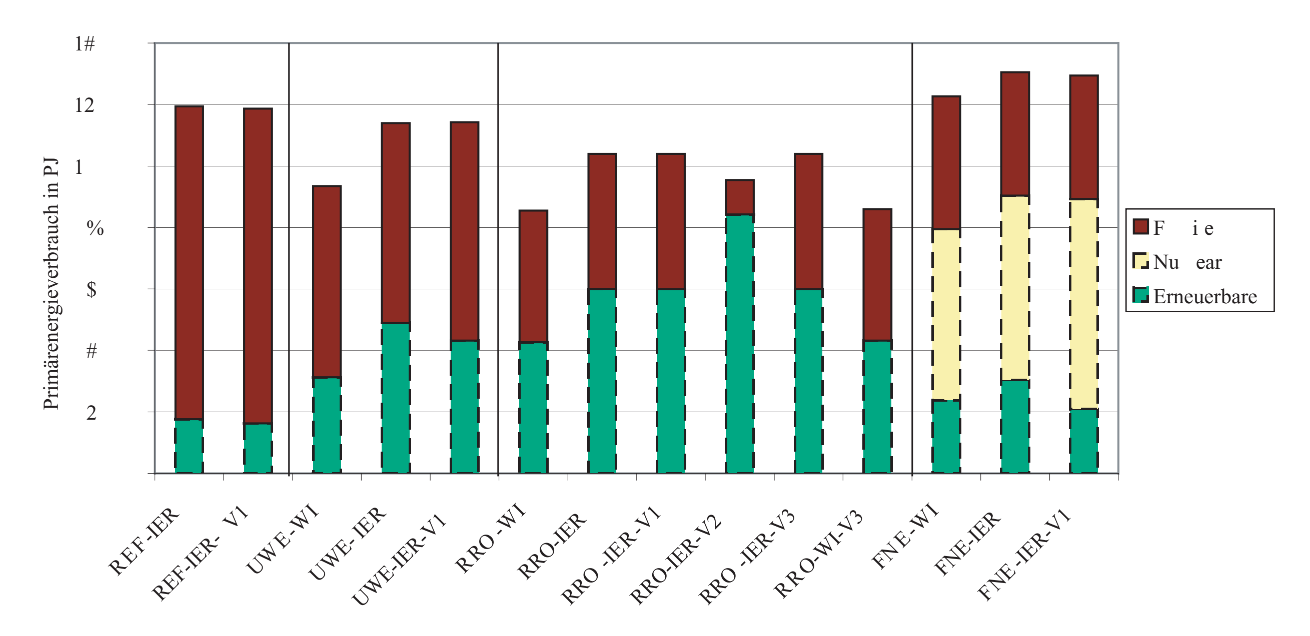
(165) Im Folgenden sollen weitere aus der Szenarienstudie erarbeitete Schlussfolgerungen dargestellt werden.

Handlungsspielräume bei der Erreichung der Klimaschutzziele

(166) Auch unter den genannten Einschränkungen, sowohl bezüglich der Unsicherheit der Aussagen über Technologien und Kosten sowie der gewählten, relativ konservativen Rahmenannahmen kommt die Kommission zu dem Ergebnis, dass eine Reduktion der Treibhausgasemissionen bis 2050 um 80 % (gegenüber dem Niveau von 1990) aus heutiger Sicht technisch und wirtschaftlich realisierbar ist. Sämtliche untersuchten Technologiepfade in den Zielszenarien erlauben eine Erreichung der ehrgeizigen Treibhausgas-Reduktionsziele, die in Deutschland bereits heute in ersten Schritten in Angriff genommen werden. Der Ent-

Abbildung 1-1

Primärenergieverbrauch 2050 in den verschiedenen Szenarien

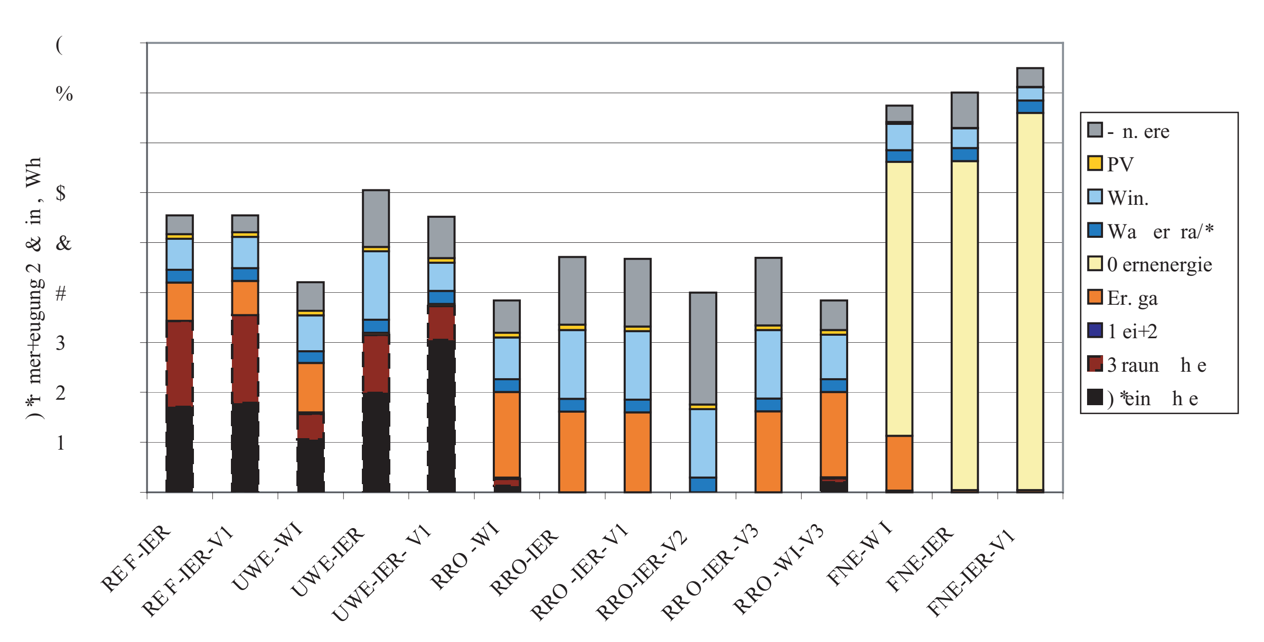


[100] Sondervotum des Abg. Kurt-Dieter Grill: Die von der Kommissionsmehrheit gewählte Bezeichnung „Fossil-nuklearer Energiemix“ ist irreführend. Vielmehr handelt es sich hier um ein Szenario, das die vorgegebenen Minderungsziele mit möglichst geringen volkswirtschaftlichen Kosten erreicht.

[101] Sondervotum des Sachverständigen Dr. Hans Jörg Henne: Der mit dem Szenario REG/REN-Offensive beschriebene Entwicklungspfad ist allenfalls ein technisch machbarer, der mit enormen Kostenbelastungen der Volkswirtschaft verbunden ist.

Abbildung 1-2

Nettostrombereitstellung im Jahr 2050



wicklungspfad[102] in ein regeneratives und effizienteres Energiesystem ist eine realistische Zukunftsoption und keine Sackgasse: auch eine weitgehende bzw. vollständige Versorgung Deutschlands aus erneuerbaren Energiequellen ist aus heutiger Sicht in einem hocheffizienten Energiesystem möglich.

(167) Nur wenn die in den Modellen angenommenen Entwicklungen der Technologien – und dies gilt für alle drei Pfade – auch durch entsprechende Rahmenbedingungen und Energiepolitiken forciert werden, werden die Ergebnisse der Szenarien realisierbar. Dabei unterscheiden sich die Szenarien in ihrer Abhängigkeit von Technologien. Die Realisierbarkeit der Szenarien Umwandlungseffizienz (UWE) und fossil-nuklearer Energiemix (FNE) ist jeweils maßgeblich von einer Schlüsseltechnologie abhängig (CO_2–Abtrennung und Speicherung bzw. Kernkraft), das Szenario REG/REN-Offensive (RRO) baut dagegen auf einer relativ großen Vielfalt von für die Emissionsminderung relevanten Technologien auf. Sollten sich die Erwartungen z. B. an die Photovoltaik nicht erfüllen, so ließe sich dies durch eine andere erneuerbare Technologie abdecken. Dieser Aspekt kann sich gleichzeitig als ein wichtiger Beitrag zur Versorgungssicherheit erweisen.[103]

(168) Strukturelle Veränderungen, wie der Übergang von einer Energieversorgungswirtschaft zu einer solaren Energiedienstleistungswirtschaft oder denkbare noch höhere Steigerungsraten der Ressourceneffizienz (z. B. Faktor 10) konnten in den Szenarien nur sehr begrenzt bzw. nicht berücksichtigt werden. Auch eine signifikante Änderung von Verhalten und Lebensstilen konnte weder quantitifiziert noch hinsichtlich ihrer strukturellen und qualitativen Effekte in den Szenarien abgebildet werden. Eine Anpassung der Nachfrage nach Energiedienstleistungen gegenüber dem Referenzszenario war in den Szenarien nicht möglich. Insofern bilden die Szenarien bei weitem nicht alle gesellschaftlichen und individuellen Optionen zur CO_2-Minderung ab. Dies und der unterstellt starke Anstieg der Energiedienstleistungen pro Kopf führen dazu, dass die resultierende Energiedienstleistungsnachfrage eher als oberer Rand der erwartbaren Bandbreite anzusehen ist. Dass die Szenarien dennoch die gesteckten Klimaschutzziele erreichen, deutet darauf hin, dass der Wechsel zu einer ökoeffizienten Energiedienstleistungswirtschaft, zur forcierten Ressourceneffizienz und auch die Änderung von Lebensstilen die Erreichung der Reduktionsziele und den Umbau der Energiewirtschaft erleichtern können.[104]

(169) Es lassen sich jenseits aller Unsicherheit und politischer Maßnahmen drei robuste Trends[105] ausmachen, die

[102] Sondervotum des Sachverständigen Dr. Hans Jörg Henne: Ein Entwicklungspfad in eine regenerative Energieversorgung ist mit effizienter Ressourcennutzung ebenso wenig vereinbar wie mit den drei Dimensionen von Nachhaltigkeit.

[103] Sondervotum des Sachverständigen Jürgen-Friedrich Hake: Die hier getroffene Feststellung widerspricht den Szenarioergebnissen. In den Szenarien Umwandlungseffizienz und fossil-nuklearer Energiemix kommt auch eine große Vielfalt von effizienten Energieeinspar- und -anwendungstechniken zum Einsatz.

[104] Sondervotum des Abg. Franz Obermeier: Die hier getroffenen Feststellungen sind falsch. So wurde z. B. im Szenario REG/REN-Offensive unterstellt, dass in 2050 jeder Einwohner 1180 km pro Jahr zusätzlich zu Fuß oder mit dem Fahrrad, anstelle mit dem Pkw zurücklegt.

[105] Sondervotum des Sachverständigen Prof. Dr. Volker Schindler: Bei sachgerechter Interpretation der Szenariorechnungen erweisen sich die rationelle Energieanwendung, die Nutzung der Kernenergie und die Ausweitung der Strom- und Fernwärmenutzung als robuste Trends.

Tabelle 1-3

Ergebnisse der Szenarien im Überblick

			REF-IER	UWE-WI	UWE-IER	RRO-WI	RRO-IER	RRO-IER Var. 2*	RRO-IER Var. 3	RRO-WI Var. 3	FNE-WI	FNE-IER	REF-IER Var. 1	UWE-IER Var. 1	RRO-IER Var. 1	FNE-IER Var. 1
Endenergie	Summe	PJ	8.208	5.918	6.656	5.156	5.910	5.531	5.909	5.183	6.140	7.229	8.224	6.764	5.904	7.232
		GJ/cap	121	100	87	82	87	76	87	91	76	107	121	87	98	107
	Verkehr	PJ	2.299	1.247	1.975	1.122	1.669	1.894	1.667	1.122	1.409	2.115	2.299	1.949	1.667	2.115
	Haushalte		2.221	1.632	1.732	1.352	1.654	1.474	1.653	1.368	1.651	1.814	2.218	1.756	1.655	1.799
	GHD		1.389	1.075	1.169	950	1.057	1.065	1.057	952	1.093	1.275	1.376	1.237	1.058	1.275
	Industrie		2.299	1.964	1.779	1.732	1.530	1.099	1.532	1.742	1.987	2.026	2.331	1.823	1.524	2.043
Endenergie nach Energieträgern	Erneuerbare	PJ	334	796	1.220	1.142	1.437	2.136	1.424	1.204	690	1.065	360	1.315	1.424	984
		Anteil EEV	4%	13%	18%	22%	24%	39%	24%	23%	11%	15%	4%	19%	24%	14%
	Sonstige	PJ	152	718	34	252	78	675	81	44	906	7	152	47	84	7
		Anteil EEV	2%	12%	1%	5%	1%	12%	1%	1%	15%	0%	2%	1%	1%	0%
	EE gesamt	PJ	486	1.514	1.254	1.394	1.515	2.811	1.504	1.247	1.596	1.072	512	1.362	1.507	991
		Anteil EEV	6%	26%	19%	27%	26%	51%	25%	24%	26%	15%	6%	20%	26%	14%
	Fossil	PJ	5.539	2.277	2.644	1.864	1.989	300	1.988	1.864	2.465	2.634	5.517	2.495	2.024	2.663
		Anteil EEV	67%	38%	40%	36%	34%	5%	34%	36%	40%	36%	67%	37%	34%	37%
	Strom	PJ	1.816	1.542	1.935	1.368	1.563	1.495	1.564	1.368	1.793	2.628	1.818	2.066	1.553	2.782
		Anteil EEV	22%	26%	29%	27%	26%	27%	26%	26%	29%	36%	22%	31%	26%	38%
	Wärme	PJ	368	427	823	286	843	925	853	286	240	761	375	841	820	681
		Anteil EEV	4%	7%	12%	6%	14%	17%	14%	6%	4%	11%	5%	12%	14%	9%
Primärenergie	Summe	PJ	11.937	9.348	11.400	8.552	10.397	9.547	10.396	8.599	12.266	13.048	11.864	11.421	10.395	12.940
		Anteil EEV	176	138	168	126	153	141	153	127	181	192	175	168	153	191
	Erneuerbare	PJ	1.765	3.130	4.896	4.266	5.998	8.420	5.993	4.318	2.381	3.041	1.626	4.316	5.990	2.086
		Anteil EEV	15%	33%	43%	50%	58%	88%	58%	50%	19%	23%	14%	38%	58%	16%
	Fossil	PJ	10.172	6.218	6.504	4.285	4.398	1.127	4.404	4.281	4.321	4.009	10.238	7.105	4.405	4.010
		Anteil EEV	85%	67%	57%	50%	42%	12%	42%	50%	35%	31%	86%	62%	42%	31%
	Nuklear	PJ	0	0	0	0	0	0	0	0	5.563	5.997	0	0	0	6.844
		Anteil EEV	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	45%	46%	0%	0%	0%	53%

noch Tabelle 1-3

		REF-IER	UWE-WI	UWE-IER	RRO-WI	RRO-IER	RRO-IER Var. 2*	RRO-IER Var. 3	RRO-WI Var. 3	FNE-WI	FNE-IER	REF-IER Var. 1	UWE-IER Var. 1	RRO-IER Var. 1	FNE-IER Var. 1
Systemkosten	Kumulierte Kostendifferenz ggü. Referenz (19.182,6 Mrd.)	€/cap	3.333	5.134	2.966	9.106	25.383	9.954		2.077	– 4.928		4.876	11.841	– 7.922
	Auf 1998 abdiskontierte kum. Kosten- differenz ggü. Referenz (9.280,1 Mrd. 4	€/cap	527	1.158	596	2.094	6.136	2.560		227	– 1.345		1.149	2.830	– 2.062
	Kostendifferenz ggü. Referenz in 2050 (5.201,6 Mrd. 4	€/cap für 2050	298	323	170	605	1.225	616		175	– 144		318	702	– 305
	Auf 1998 abdiskontierte Kostendifferenz ggü. Referenz in 2050 (676,7 Mrd. 4	€/cap für 2050	39	42	22	79	159	80		23	– 19		41	91	– 40
Externe Kosten	Kostendifferenz ggü. Referenz in 2050 (5.074,8 Mrd. 4	€/cap für 2050	– 1.848	– 2.338	– 2.201	– 2.649	– 2.700	– 2.647		14.717	17.515		– 2.215	– 2.575	20.505
	Auf 1998 abdiskontierte Kostendifferenz ggü. Referenz in 2050 (660,2 Mrd. 4	€/cap für 2050	– 240	– 304	– 286	– 345	– 351	– 344		1.915	2.279		– 288	– 335	2.668

Durch Rundungsfehler können sich in der Summe Prozentwerte über 100 % ergeben

* Eine regenerative Vollversorgung wird aus modellimmaneneten Gründen nicht erreicht. Die Differenz zu 100 % beim primärenergetischen Anteil resultiert aus nicht energetischer Nutzung von Energieträgern.

allen Szenarien gemeinsam sind: Regenerative Energien, rationelle Energieverwendung und ein neuer Sekundärenergieträger werden in Zukunft eine wichtige Rolle spielen.

Robuste Pfade – Energieeffizienz

(170) Alle Szenarien beinhalten über den Trend hinausgehende Effizienzsteigerungen. Allerdings sind – in Abhängigkeit von den beiden verwendeten Modellen – zwei unterschiedliche zeitliche Profile der Effizienzentwicklung zu konstatieren: Einerseits ein kontinuierlicher Anstieg der Effizienz (Simulationsansatz des WI) und andererseits ein um ein bis zwei Jahrzehnte verzögerter, aber dann forcierter Effizienzzuwachs (Optimierungsansatz des IER). Bei der eher sprunghaften Entwicklungsvariante (IER) stellt sich jedoch die Frage, ob die hierfür notwendige Dynamik auch tatsächlich (quasi plötzlich) erzeugt werden kann,wenn über Jahrzehnte hinweg keine diesbezüglich vermehrten Anstrengungen unternommen wurden. Auch aus der Perspektive von Vorsorge und robuster Pfadabsicherung ergibt sich, dass einer möglichst frühzeitig eingeleiteten Strategie und konsequenten Erschließung der Effizienzpotenziale sowie verlässlicher langfristig ausgerichteter Rahmenbedingungen eine wichtige Rolle für die Erreichung der Emissionsreduktionsziele zukommt.

(171) Wichtige Einsparpotenziale liegen im Gebäudebereich, sowohl in den Privathaushalten als auch in Gewerbe, Handel und Dienstleistungen. Die Energieeinsparungen bei den Neubauten und dem Gebäudebestand sind insbesondere wegen der Langlebigkeit der Gebäude und der langen Zeiträume zwischen den Sanierungsmaßnahmen ab sofort möglichst kontinuierlich – im Zuge ohnehin erfolgender Sanierungen – zu realisieren. Die Sanierungsziele sind heute technisch und in den meisten Fällen auch einzelwirtschaftlich bei entsprechend günstigen Rahmenbedingungen machbar. In den Szenarien werden als Ziel im Jahr 2050 energetische Sanierungsraten von 1,3 % bis zu 2,5 % angenommen. Diese liegen erheblich über der heutigen energetischen Sanierungsrate von 0,5 % pro Jahr. Bei einer vergleichenden Analyse zeigt sich, dass der durch die Erhöhung der Sanierungsrate erreichbare Mengeneffekt (gemessen an der resultierenden Wärmeverbrauchsminderung) deutlich größer ist als derjenige, der durch die spezifische Verbesserung des Wärmedämmstandards bei weiterhin konstanter energetischer Sanierungsrate erzielt werden kann. Breitenwirksame Maßnahmen und begünstigende Anreizstrukturen zur Aktivierung dieser Effizienzpotenziale im Zuge der „normalen“ Sanierungszyklen sind also besonders wichtig und dringend.

(172) Eine zentrale Rolle kommt darüber hinaus der Stromeinsparung zu. Hierzu sind in allen Sektoren eine Vielzahl von technischen Optionen, aber auch erhebliche Potenziale verhaltensbedingter Einsparungen verfügbar. Dies betrifft sowohl hoch typisierbare Anwendungen (Motoren, Beleuchtung, Haushaltsgeräte) als auch sehr heterogene Anwendungen, zum Beispiel im Industriesektor.

(173) Letztlich müssen jedoch alle Sektoren ihren Beitrag zur Senkung der Energienachfrage leisten. Dabei kann eine möglichst schnelle und prinzipiell relativ wirtschaftliche Realisierung der Effizienzpotenziale im Verkehr an anderer Stelle Spielräume schaffen. Im Transportsektor wird angesichts der im Trend enormen Zuwachsraten und der beinahe totalen Abhängigkeit von Mineralöl als einziger Ressource auch mittel- und langfristig der Übergang zu klimafreundlichen Sekundärenergieträgern[106] notwendig sein. Dies fällt umso leichter, je niedriger die dann vom Verkehrssektor noch benötigten Energiemengen sind.

Robuste Pfade — erneuerbare Energien

(174) Alle Szenarien, auch das Szenario (fossile) Umwandlungseffizienz, beinhalten in weit höherem Umfang als das Referenzszenario den Einsatz regenerativer Energieträger. Dies ergibt sich zwar auch durch Berücksichtigung der politischen Forderung der Europäische Union, die für Deutschland bis 2010 mit 12,5 % der Stromerzeugung durch erneuerbare Energien spezifiziert wurde. Es zeigt sich jedoch auch im „fossil-nuklearen“ Szenario, dass ein weiterer Ausbau aller regenerativen Energien zur Erreichung der Klimaschutzziele unabdingbar ist. Die FNE-Szenarien zeigen andererseits, dass die erneuerbaren Technologien, wenn sie durch risikobehafteten Atomstrom bei ihrer Markteinführung behindert werden, nicht die notwendige Entwicklungszeit für ausreichende Kostensenkungen bekommen und daher ihren Marktanteil nicht ausweiten können. Die Kommission ist daher der Auffassung, dass in allen denkbaren Entwicklungspfaden eine langfristige, angemessene Fortsetzung von Markteinführungsmaßnahmen (wie z. B. EEG und Marktanreizprogramm, Länderförderprogramme, Programme der Energiewirtschaft) aus Klimaschutz- und Innovationsgründen gerechtfertigt ist.[107]

(175) Der Mix der verschiedenen erneuerbaren Energien in den Szenarien resultiert in den Simulationen bzw. Optimierungen aus Kostengesichtspunkten oder wurde exogen auf Grund von Expertenschätzungen vorgegeben. Nach Ansicht der Kommission wird insbesondere eine Energiewirtschaft, die vornehmlich auf erneuerbare Energieträger aufbaut, den Mix auch daran orientieren müssen, dass eine durchgängig sichere Versorgung mit Energiedienstleistungen gewährleistet ist.

Robuste Pfade – Sekundärenergieträger

(176) In allen Szenarien wird bis spätestens 2050 Wasserstoff als neuer Sekundärenergieträger eingeführt.[108]

---

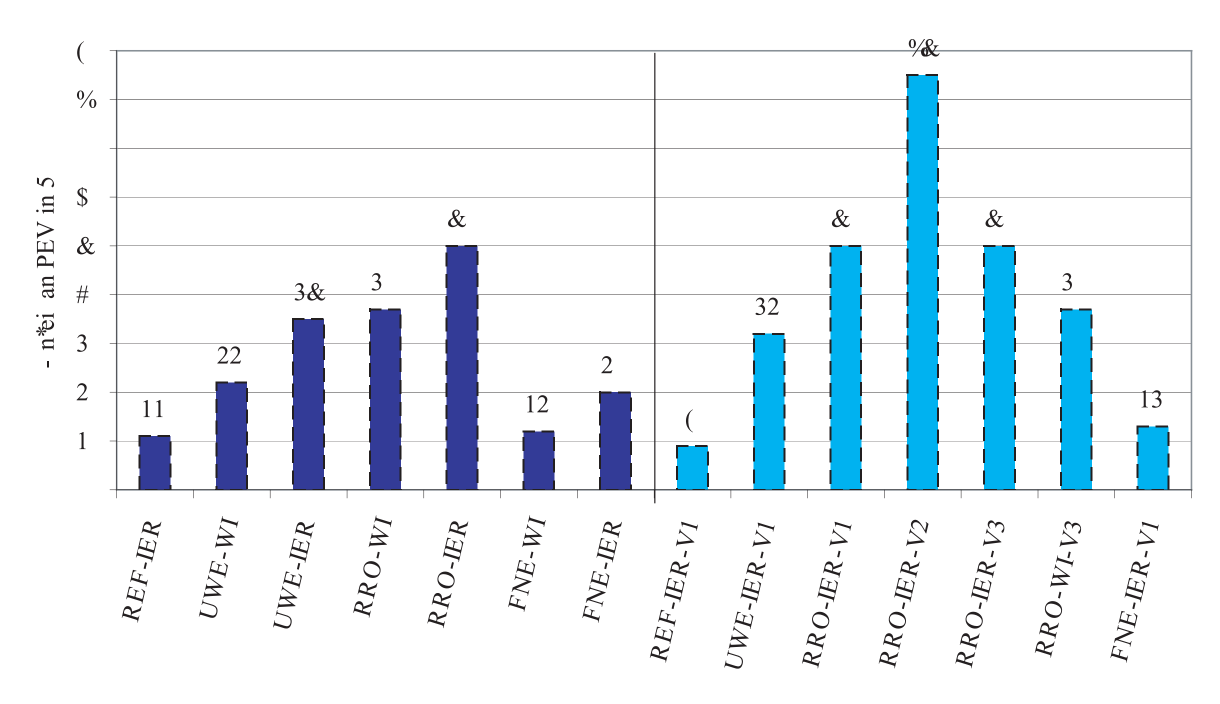
[106] Sondervotum des Abg. Dr. Ralf Brauksiepe: Der Begriff „klimafreundliche Sekundärenergieträger“ ist missverständlich. Es muss stets die gesamte Kette von der Gewinnung der Primärenergie über die Gewinnung der Sekundärenergie bis zur Nutzung im Fahrzeug, Flugzeug oder Schiff betrachtet werden.

[107] Sondervotum des Sachverständigen Prof. Dr. Volker Schindler: Die Auswertung der Nutzung erneuerbarer Energien in den Szenarien ist im Wesentlichen Resultat exogener Vorgaben. Auch bei den unterstellten Kostenreduktionen können sie nur kleine Beiträge zu einer kosteneffizienten CO_2-Minderung leisten.

[108] Sondervotum des Abg. Franz Obermeier: Die Szenarien zeigen, dass Wasserstoff als Sekundärenergieträger nur in ferner Zukunft (2050) und bei drastischen CO_2-Minderungen (– 80 %) eine gewisse Bedeutung für eine nachhaltige Energieversorgung erlangen kann.

Abbildung 1-3

Anteil der erneuerbaren Energiequellen am Gesamtprimärenergieverbrauch



Anmerkung: Beim Szenario „solare Vollversorgung“ zeigt die Analyse der verbleibenden Anteile, dass diese auch mit erneuerbaren Ressourcen abdeckbar sind.

Bei den Rechnungen des IER wird er u. a. aus der Abpufferung der überschüssigen fluktuierenden Stromerzeugung durch Elektrolyse gewonnen und als Brennstoff für Brennstoffzellen auch in Kraft-Wärme-Kopplung benutzt. Dies verhilft dem Wasserstoff auch in solchen Szenarien zum Einsatz, in denen weder KWK- noch REG-Quoten vorgegeben sind (z. B. FNE). WI sieht den Hauptvorteil des Wasserstoffs in seiner Einsatzfähigkeit im Verkehrssektor, dessen klimaschädliche Emissionen aus fossilen Treibstoffen so um das notwendige Maß gesenkt werden können, und zwar über die Annahmen für gesteigerte Effizienz hinaus. Darüber hinaus sieht WI gute und relativ kostengünstige (zunächst keine hohen Infrastrukturaufwendungen) Möglichkeiten, den Wasserstoff durch Beimischung zum Erdgas einzuführen, indem er anteilig in das Erdgasnetz eingespeist wird.

(177) Die notwendige Einführung eines Sekundärenergieträgers, der keine Treibhausgasemissionen verursacht, hier Wasserstoff,[109] oder einer anderen, heute noch nicht etablierten (Speicher-)Technologie zeigt auch auf, dass erhebliche Anstrengungen notwendig sind, um ein nachhaltiges Energiesystem im allgemeinen und die Klimaschutzziele im besonderen zu erreichen. Wenn Wasserstoff zukünftig die Funktion eines Speichers übernehmen soll, der im wesentlichen ohne zusätzliche Treibhausgasemissionen den Umbau zu einer klimafreundlichen Energiewirtschaft ermöglicht, sind dafür frühzeitig politische Weichenstellungen notwendig. Sinnvoll erscheint im ersten Schritt eine Erweiterung der Erdgas-Infrastruktur auch für Erdgas-Fahrzeuge als Übergangstechnologie[110] mit der Option eines stetig wachsenden Wasserstoffanteils im Erdgasnetz, bis dann (wegen technischer Eigenschaften) später eine Umrüstung der Infrastruktur notwendig und möglich wird.

Nachhaltigkeit der Szenarien sehr unterschiedlich

(178) In Bezug auf die Verwirklichung der Prinzipien nachhaltiger Energieversorgung müssen die Szenarien unterschiedlich bewertet werden. Zwar erreichen alle die 80 % Emissionsreduktion, die meisten weisen aber in anderen Bereichen Defizite auf.

(179) Im Szenario Umwandlungseffizienz (UWE) ist die insgesamt anfallende Menge an Kohlendioxid, die deponiert werden muss, mittel- und langfristig in den bekannten dauerhaft sicheren Lagerstätten nicht unterzubringen. Berücksichtigt man außerdem, dass sich die Technologien

[109] Sondervotum des Sachverständigen Prof. Dr. Dieter Schmitt: Wasserstoff verursacht nur dann keine CO_2-Emissionen, wenn er regenerativ oder nuklear erzeugt wird. Shell geht aber davon aus, dass er auch langfristig aus Erdgas hergestellt wird.

[110] Sondervotum des Abg. Walter Hirche: Es gibt keine technisch-ökologische Notwendigkeit für die Einführung von Erdgas als Fahrzeugkraftstoff. Wirtschaftlich ist sie unsinnig, wenn keine Steuerverzichte unterstellt werden.

zur großflächigen Abtrennung und Endlagerung noch in frühen Entwicklungsstadien befinden, so ist es sehr unsicher, ob die entscheidende technologische Option für diese Szenarien überhaupt bzw. in ausreichendem Umfang verfügbar sein wird. Hinzu kommt, dass diese Option trotz der gegenüber heute weitgehend unveränderten Energieträgerstruktur zu einer erheblichen Umstrukturierung der Energieversorgung, vor allem im Bezug auf die Kraftwerksstandorte führen würde: Viele Kraftwerke müssten, um die Kosten niedrig zu halten, nahe an den Kohlendioxidendlagerstätten gebaut und mit Importkohle betrieben werden. Damit würde der größte Teil der Steinkohle-Stromerzeugung in neu errichteten küstennahen oder anderen norddeutschen Standorten stattfinden. Der breite Einsatz von Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung mit CO_2-Abtrennung ist in diesem Kontext angesichts der räumlichen Bindung an das Wärmeabsatzpotenzial fraglich.

(180) Im fossil-nuklearen Szenario (FNE) werden bis zum Jahr 2050 mindestens 50 neue Atomkraftwerke gebraucht. Das vom IER einbezogene Konzept der industrienahen nuklearen Wärmeauskopplung mit Reaktoren in der Größenordnung von 100 bis 300 MW lässt eine eher noch größere Anzahl (bis zu 100) erwarten. Weder für die heute existierenden, noch für diese Anzahl von neuen Atomkraftwerken ist eine mit Nachhaltigkeitsgrundsätzen vereinbare Entsorgung der radioaktiven Reststoffe möglich.[111] Eine soziale Akzeptanz für einen forcierten Ausbau der Atomenergie ist nicht vorstellbar. Die Risiken für Deutschland durch den Betrieb dieser Anlagen – nicht zuletzt durch die neuen Risiken des internationalen Terrorismus – sind nicht tragbar. Die Kommission sieht daher keine Alternative zum jetzt begonnenen Ausstieg aus der Atomenergie.[112]

(181) In dem Szenario, das auf einer REG/REN-Offensive aufbaut (RRO), ist die Flächennutzung durch die Windenergie und die Nutzung der Biomasse ein Aspekt, der die Nachhaltigkeit einschränkt. Die Doppelnutzung der Windnutzungsgebiete, ein Biomasseanbau ohne Monokultur und die Berücksichtigung der Ergebnisse der ökologischen Begleitforschung können diese Nachteile relativieren. Die Kommission ist der Ansicht, dass durch die Vielzahl an verschiedenen Technologien zur Effizienzsteigerung und zur Nutzung der erneuerbaren Energien sowie durch die dezentrale Charakteristik vieler erneuerbarer Energietechnologien ein Mix in der Anwendung gefunden werden kann, der diese Belastungen in einem akzeptablen Rahmen[113] hält und durch die Diversifikation der Quellen dauerhafte Stabilität der Versorgung mit Energiedienstleistungen gewährleistet.

[111] Sondervotum des Abg. Dr. Ralf Brauksiepe: Die Lösung der nuklearen Entsorgungsprobleme ist kein grundsätzliches technisches Problem, sondern ein politisch-gesellschaftliches.

[112] Sondervotum des Sachverständigen Jürgen-Friedrich Hake: Die hier zur Kernenergie getroffenen Feststellungen sind politische Wertungen, die weder aus den Szenariorechnungen noch durch andere wissenschaftliche Analysen begründbar abzuleiten sind.

[113] Sondervotum des Sachverständigen Jürgen-Friedrich Hake: Die wesentlichen Nachhaltigkeitsdefizite der erneuerbaren Energien resultieren aus ihren hohen Kosten, die Ausdruck einer hohen Materialintensität d. h. eines hohen Aufwandes an nicht energetischen Rohstoffen sind.

Kosten der Treibhausgasreduktion für Deutschland tragbar

(182) Ein wesentliches Kriterium bei der Wahl zwischen verschiedenen Entwicklungspfaden sind die gesamtwirtschaftlichen Kosten eines Energiesystems. Bei Szenarien, die weit in die Zukunft reichen, ist dieser Bewertungsmaßstab angesichts der Quantifizierungsprobleme allerdings mit großen Unsicherheiten verbunden.

(183) Die Systemkosten des Referenzszenarios und seiner Variante belaufen sich im Jahr 2010 auf 12,5 % des BIP und gehen bis 2050 auf 9,2 bzw. 9,1 % zurück. In den Zielszenarien ohne Kernenergienutzung erhöht sich dieser Wert um 0,3 (WI-Szenario RRO) bis 1,2 Prozentpunkte (IER-Szenario RRO Var. 1) im Jahr 2050. In den fossil-nuklearen Szenarien bewegen sich die Kostendifferenzen zwischen – 0,5 und + 0,3 Prozentpunkten gegenüber der Referenz. Damit liegen die Systemkosten für das RRO Szenario im Jahr 2050 prozentual – gemessen am BIP – etwa auf dem gleichen Niveau wie heute.[114]

(184) Die Betrachtung der Kostendifferenz der externen Kosten gegenüber der Referenz im Jahr 2050 zeigt ein deutlich zweigeteiltes Bild: Während das FNE-Szenario in 2050 deutlich höhere externe Kosten aufweist als die Referenzentwicklung, führen sowohl das UWE- als auch das RRO-Szenario gegenüber der Referenz zu einer Kostenreduktion. Die deutlichsten Reduktionen werden dabei im RRO-Szenario beider Institute erreicht. Bei Berücksichtigung der externen Kosten führt das FNE-Szenario im Bezugsjahr 2050 zu Mehrkosten von ca. 26 % bis 31 % gegenüber der Referenz. Demgegenüber ergibt sich in den anderen beiden Szenarien eine Verringerung von etwa 3 % bis 5 %. Selbst Ansätze für die externen Kosten der Kernenergieerzeugung, die um den Faktor 20 bis 40 unter den Annahmen der Kommissionsmehrheit liegen, führen dazu, dass sich das FNE-Szenario als Szenario mit den höchsten Gesamtkosten (direkte und externe Kosten) ergibt.

(185) Berücksichtigt man die in Kapitel 5.2.3 des Berichts dargestellten Berechnungs- und Interpretationsunterschiede der Gutachter, die unterschiedlichen Basisdatensätze und die unterschiedlichen Ausbaupfade, so ist die Bandbreite der zusätzlichen volkswirtschaftlichen Kosten relativ klein. Des weiteren liegen diese Zahlen sehr nahe beieinander und errechnen die auf die Volkswirtschaft zukommenden zusätzlichen Kosten daher wohl relativ zuverlässig. Vor dem Hintergrund des mit diesen Mehrkosten verbundenen Nutzens – nämlich der Reduktion der Treibhausgasemissionen um 80 % bis 2050 bei Verzicht auf die Kernenergie, der Schaffung von Arbeitsplätzen und Standortvorteilen für zukunftsträchtige Wirtschaftszweige in Deutschland – sind für die Kommission selbst die Maximalwerte gesellschaftlich vermittelbar und

[114] Sondervotum des Abg. Dr. Ralf Brauksiepe: Die energieseitigen Mehrkosten des Szenarios REG/REN-Offensive gegenüber dem Szenario Fossil-nuklearer Energiemix belaufen sich bis 2050 auf rd. 1340 Mrd. $Euro_{98}$. Je Haushalt betragen die Mehrkosten 2025 $Euro_{98}$/Jahr in 2050.

akzeptabel. Diese Schlussfolgerung gilt erst recht, wenn die externen Kosten mit ins Kalkül gezogen werden.

Nachhaltige Energiewirtschaft durch effiziente Energietechnologien und erneuerbare Energien

(186) Aufgrund all dieser Überlegungen kommt die Kommission zu der Überzeugung, dass nur ein am Szenario „REG/REN-Offensive" orientierter Entwicklungspfad als nachhaltig bezeichnet werden kann. Eine Hauptaufgabe von zukünftiger Energiepolitik wird es sein, die heutige Energiewirtschaft und neue Akteure in diesem Transformationsprozess zu begleiten und zu fördern. Integriert man in diese REG/REN-Offensive auch noch Aspekte der Steigerung der Umwandlungseffizienz ohne dabei den Ausbau der erneuerbaren Energietechnologien zu behindern, so wird es noch leichter, den gewünschten Klimaschutzeffekt zu erreichen.

(187) Das Szenario REG/REN-Offensive ist gesellschaftlich und technologisch entwicklungsoffen: Wie die Variante 2 dieses Szenarios aufzeigt, ist auch eine volle Versorgung auf der Basis erneuerbarer Energien möglich. Allerdings sollte dieses Ziel angesichts der zusätzlichen hohen Kosten aus heutiger Sicht nicht schon bis 2050 realisiert werden, sofern nicht zusätzliche Kostendegressionen gegenüber den Annahmen erreicht werden. Eine Offensive in den Technologien der erneuerbaren Energien und Effizienztechnologien ermöglicht es jedoch auch, falls notwendig, noch früher mit entsprechender Vorlaufzeit aus der Atomenergie auszusteigen; dies ist somit nicht nur ein gangbarer Weg mit geringen negativen Auswirkungen, sondern eröffnet für Gesellschaft, Politik und Wirtschaft neue und große Handlungsspielräume.

1.6 Politische Strategien und Instrumente einer nachhaltigen Energiewirtschaft

(188) Der Strategiediskussion über eine nachhaltig-zukunftsfähige Energiewirtschaft bis zum Jahr 2050 werden einige grundsätzliche Überlegungen vorangestellt: So ist ein wesentlicher Ausgangspunkt die Einsicht, dass die real existierenden Märkte und Wettbewerbsformen keinesfalls in der Lage sind, die mit diesem Konzept verfolgten Zielsetzungen gleichsam „automatisch" zu erfüllen, sondern dass der Politik explizit neue Aufgaben zugewiesen werden.[115] Zur Umsetzung einer nachhaltigen Energiewirtschaft bedarf es ordnungsrechtlicher, organisatorischer und institutioneller Voraussetzungen sowie finanzieller Transfers und Anschubfinanzierungen.[116] Darüber hinaus müssen nationale Nachhaltigkeitsstrategien unter den Bedingungen der Globalisierung in ihren vielfältigen Dimensionen in internationale Strategien eingebettet werden.

(189) Wie bereits dargelegt wurde, steht die Politik zur Verwirklichung einer nachhaltigen Energiewirtschaft im Spannungsfeld von Umwelt- und Klimaschutz, wirtschaftlicher Leistungsfähigkeit und sozialen Anforderungen. Der Klimaschutz erfordert eine ökologische Modernisierung[117] durch eine zielorientierte und langfristig angelegte Umweltpolitik. Dabei ist dem globalen Handlungsdruck Rechnung zu tragen, den die geographisch ungleiche Verteilung von Verursachern und Betroffenen hervorruft. Das Instrument Wettbewerb ist ohne entsprechende Flankierung in Bezug auf langfristige gesellschaftliche Ziele wie Verteilungsgerechtigkeit oder Klimaverträglichkeit perspektivisch blind.[118] Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit sozialer und ökologischer Rahmensetzung für die Märkte. Der Umbau des Energiesystems bringt die Umstrukturierung ganzer Wirtschaftszweige mit sich, was sozial flankierende Maßnahmen der Politik erfordert. Liberalisierung und Wettbewerb können die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit durch Anreize für effiziente Lösungen fördern. Bedingungen hierfür sind allerdings Akteursvielfalt und gleichverteilte Marktchancen, Markttransparenz und freier Marktzugang.

(190) Die Kommission verkennt nicht, dass die Erfüllung aller drei Anforderungskategorien – ökologisch, sozial, ökonomisch – zu Zielkonflikten führen kann; doch existiert auch eine Vielzahl sogenannter Win-Win-Optionen wie z. B. bei der Effizienzsteigerung. Ihnen ist Vorrang einzuräumen.[119]

(191) Die Globalisierung von Güter-, Kapital- und Dienstleistungsmärkten sowie die Liberalisierung der Energiemärkte mit den sich daraus ableitenden spezifischen Marktbedingungen werden langfristig prägend sein: Chancen der Globalisierung für den Umbau zu einem nachhaltigen Energiesystem können sich aus der Steigerung von Effizienz und Kostensenkungen, dem größeren Anteil der Entwicklungsländer am Kapital-, Know-how- und Technologietransfer und aus neuen Absatzmärkten für Anbieter von Effizienz- und Regenerativtechnologien ergeben. Problematisch sind dagegen die bisher einseitige Verteilung der Effizienzgewinne vor allem auf die Industrieländer,[120] ein Einflussverlust der Nationalstaa-

---

[115] Sondervotum des Sachverständigen Prof. Dr. Dieter Schmitt: Aufgabe des Staates in einer Konzeption nachhaltiger Energieversorgung ist es, einen verlässlichen Rahmen zu setzen, ggfls. aber durchaus nicht immer vorliegende externe Effekte zu internalisieren und Hemmnisse für den Marktmechanismus zu beseitigen.

[116] Sondervotum des Sachverständigen Dr. Hans Jörg Henne: Ob die Umsetzung einer Konzeption aller aufgeführten Instrumente bedarf, ist zu bezweifeln. Dies setzt nicht nur Handlungsbedarf, sondern auch eine Entscheidung für die jeweils effizienteste Lösung mit den geringsten Drittwirkungen voraus.

[117] Sondervotum des Abg. Franz Obermeier: Der Ausdruck „ökologische Modernisierung" ist nichts anderes als eine Worthülse!

[118] Sondervotum des Abg. Prof. Dr. Paul Laufs: Der Wettbewerb ist weder blind noch hellseherisch, sondern Ausdruck für den Koordinationsprozess auf Märkten, der zu einer bestmöglichen Verwendung knapper Ressourcen im Wirtschaftsprozess führt.

[119] Sondervotum des Sachverständigen Prof. Dr. Volker Schindler: Durchaus nicht alle Effizienzsteigerungen sind auch effizient. Im übrigen können mit der Steigerung der Effizienz auch unerwünschte Drittwirkungen einhergehen, die deren Vorteile überkompensieren.

[120] Sondervotum des Abg. Kurt-Dieter Grill: Es steht jedweder Beleg dafür aus, dass Globalisierung einseitig nur den Industriestaaten nützt, im Gegenteil, der wirtschaftliche Entwicklungsprozess in vielen Ländern der Dritten Welt wäre ohne Globalisierung unvorstellbar.

ten,[121] die Gefahr des Exports veralteter Technologien[122] in die Entwicklungsländer und die erhebliche Ausweitung des weltweiten Transportaufkommens.

(192) Chancen der Liberalisierung ergeben sich durch das Auftreten neuer Akteure auf den wettbewerblichen Teilmärkten und damit verbunden eine stärkere Kundenorientierung, die Entwicklung neuer Produktangebote sowie die Erschließung von Rationalisierungspotenzialen. Durch technologische Neuerungen kann es darüber hinaus auch zu einer Dezentralisierung der Energiebereitstellung kommen. Nachteile der Liberalisierung sind die Gefahren zunehmender Oligopolisierung der Märkte[123] und strategischen Verdrängungswettbewerbs, der ökologisch effiziente dezentrale Anlagen[124] gefährdet, sowie falsche Preissignale an Hersteller und Verbraucher gibt. Auch eine nur auf kurzfristige Wirtschaftlichkeit zielende Forschung und Entwicklungstätigkeit ist bedenklich.

(193) Im Kontext der liberalisierten Energiemärkte kommt dem Staat eine doppelte Rolle zu: einerseits tritt er als Wettbewerbshüter auf, andererseits gestaltet er den Wandel hin zu einer nachhaltigen Energiewirtschaft.[125] Seine Aufgaben umfassen die Wettbewerbssicherung, die möglichst weitgehende Internalisierung externer Effekte, die Formulierung energie- und klimapolitischer Ziele, die Realisierung dieser Ziele durch geeignete Instrumente sowie die Innovationsförderung.[126]

(194) Auf dem Weg zu einer nachhaltigen Energiewirtschaft empfiehlt die Kommission als ersten Schritt eine No-Regret-Strategie, mit der Klimaschutzmaßnahmen bei gleichzeitiger Kosteneinsparung erreicht werden. Diese umfasst insbesondere die Ausschöpfung kostengünstiger Effizienzpotenziale, den Abbau ökologisch schädlicher Subventionen und die Sicherung fairer Marktchancen für klimaverträgliche Anlagen. Strittig ist dabei allenfalls der Potenzialumfang der No-Regret-Optionen, nicht jedoch ihre Existenz.

[121] Sondervotum des Abg. Kurt-Dieter Grill: Von Einflussverlust der Nationalstaaten zu sprechen, deckt die wahre Gesinnung der Autoren im Hinblick auf den offenbar nur scheinbar gewollten Europäischen Einigungsprozess auf.

[122] Sondervotum des Sachverständigen Dr. Hans Jörg Henne: Globalisierung fördert nicht grundsätzlich den Export veralteter Technologien. Entwicklungsländer müssen im Interesse ihrer Volkswirtschaften mit dem knappsten Produktionsfaktor Kapital besonders sorgfältig umgehen.

[123] Sondervotum des Abg. Walter Hirche: Liberalisierung führt keinesfalls zwangsläufig zu Oligopolisierung. Im Übrigen kann von sich gegenseitig kontrollierenden Oligopolen die intensivste Form des Wettbewerbs erwartet werden. Entscheidend ist daher, dass Märkte offen gehalten werden und angreifbar sind.

[124] Sondervotum des Abg. Franz Obermeier: Es bedarf der Erklärung, was ökologisch effiziente Anlagen sind und wieso, wenn überhaupt nur dezentrale Anlagen gefährdet sind.

[125] Sondervotum des Sachverständigen Prof. Dr. Volker Schindler: Der Staat gestaltet nicht deterministisch den Wandel zu einer nachhaltigen Energiewirtschaft, er setzt in einer marktwirtschaftlichen Ordnung nur den Rahmen, innerhalb dessen sich ein Konzept nachhaltiger Energieversorgung entwickelt.

[126] Sondervotum des Abg. Walter Hirche: Nicht die Innovationsförderung ist Aufgabe des Staates, sondern die Förderung von Forschung und Entwicklung.

(195) Weiteres zentrales Element der Nachhaltigkeitsstrategie ist eine innovationsorientierte Technologiepolitik.[127] Schwerpunkte sind dabei die Steigerung der Effizienzgewinne sowie ehrgeizige Nutzungsziele für regenerative Energiequellen. Technologiepolitik soll dazu beitragen, den Qualitäts- und Innovationswettbewerb auf Umwelt- und Klimaschutz hin auszurichten. Durch den weltweit wachsenden Bedarf an Energiedienstleistungen ist davon auszugehen, dass die Regel gilt: Wer sich als erster bewegt, gewinnt („first-mover-advantage“). Ein wichtiger Bestandteil einer derartigen Strategie ist eine aktive Bildungs- und Forschungspolitik.

(196) Dem Staat fällt auf allen politischen Ebenen eine besondere Verantwortung für die Förderung der Aktivitäten im Bereich der rationellen Energienutzung zu, da in diesem Bereich Transaktionshemmnisse ein zentrales Problem darstellen: Trotz häufiger wirtschaftlicher Vorteile ist bei vielen Effizienztechnologien wegen besonderer Markthemmnisse noch keine befriedigende Marktdiffusion gelungen. Dies liegt häufig auch an der schwierigen bildhaften Vermittelbarkeit des Einsparens von Energie im Vergleich mit Energieangebotstechniken. Energiedienstleistungsunternehmen könnten hier durch Optimierung über alle Produktionsstufen für eine kostenminimale Bereitstellung von Energiedienstleistungen sorgen und eine nachfrageseitige Orientierung bei ihren Kunden vorantreiben.

(197) Die Nutzung erneuerbarer Energien, gekoppelt mit einer um ein vielfaches höheren Energieeffizienz, ist nach Auffassung der Kommission langfristig die einzige Alternative zur Versorgung durch fossile und atomare Energieträger. Ihre Förderung ist in dem Maße konsequent, wie dadurch die Entstehung externer Kosten bei konventionellen Energieträgern vermieden wird oder deren Internalisierung nur unzureichend erfolgt. Art und Ausmaß der Unterstützung sollten dem Entwicklungsstand der jeweiligen Technologien angepasst sein und ihren künftigen Nachhaltigkeitsbeitrag reflektieren.[128]

(198) Als wichtigen Baustein für den Umbau zu einem nachhaltigen Energiesystem sieht die Kommission eine Entwicklung hin zur Dezentralität.[129] Die Stromversorgung aus Großkraftwerken und über landes- und europaweite Verbundsysteme könnte durch dezentrale, in „virtuellen Kraftwerken“ vernetzte Erzeugungseinheiten zunächst ergänzt und schließlich mittel- und langfristig in ihrer derzeitigen Bedeutung abgelöst werden. Da die technischen

[127] Sondervotum des Abg. Kurt-Dieter Grill: Wenn sich Technologiepolitik lediglich darin erschöpft, „innovationsorientiert“ ehrgeizige Nutzungsziele für Regenerative zu verfolgen, so geht dies an einer der Zielsetzung nachhaltiger Energieversorgung verpflichteten Strategie vorbei.

[128] Sondervotum des Sachverständigen Dr. Hans Jörg Henne: Nicht eine vorab ohne Angabe von Beurteilungskriterien vorgenommene Definition wünschenswerter und abzulehnender Optionen wird der Zielsetzung nachhaltiger Energieversorgung gerecht, sondern die Eröffnung eines möglichst breiten Spektrums von Optionen.

[129] Sondervotum des Abg. Dr. Ralf Brauksiepe: Dezentralität kann kein Ziel nachhaltiger Energieversorgung sein! Hierfür fehlt jedwede Begründung. Entsprechende Forderungen sind Ausdruck einer ideologisch motivierten rückwärtsgerichteten Industriefeindlichkeit.

Innovationserfordernisse und die Liberalisierung der leitungsgebundenen Energiemärkte zeitlich zusammenfallen, ergeben sich bei entsprechender politischer Rahmensetzung Chancen eines tiefgreifenden Umbaus. Vorteile dezentraler Bereitstellungsstrukturen sind eine wachsende Versorgungssicherheit mit Energiedienstleistungen, die Vielfalt neuer Akteure, die in der Energiewirtschaft ein Gegengewicht zur bisher dominierenden Stellung einiger weniger Stromerzeugungsunternehmen bilden können, und die Streuung des Investitionsrisikos.[130]

(199) Die Kommission betont, dass eine nachhaltige nationale Energiepolitik in den internationalen Kontext eingebettet werden muss. Im Bereich der Liberalisierungs- und Wettbewerbspolitik empfiehlt sie, EU-weite Regelungen zur Förderung einer nachhaltigen Entwicklung voranzutreiben und zu vereinheitlichen, um inakzeptable Wettbewerbsverzerrungen zu vermeiden. Auf globaler Ebene sind internationale Aktivitäten für nachhaltige Energiesysteme im Rahmen der verschiedenen Prozesse der Global Governance zu etablieren und durch neue internationale Rahmenbedingungen zu fördern. Für die nationale Energiepolitik empfiehlt die Kommission gleichwohl eine klare Vorreiterrolle,[131] die durch Best-practice-Beispiele internationale Entwicklungen anstoßen kann: Die nationalen Innovationsfreiräume dürfen daher nicht unangemessen eingeschränkt werden. Die internationale Übertragbarkeit und langfristig vergleichbare Wettbewerbsbedingungen sollen dabei jedoch Prüfsteine bleiben.

(200) Nachhaltigkeitspolitik im Energiesektor muss Strategien und Instrumente mit Bezug auf lange Zeithorizonte und daher für wechselnde Rahmenbedingungen und Unsicherheiten entwerfen. Nach Auffassung der Kommission gelten folgende drei Grundprinzipien für die Aufstellung von entsprechenden Zielen: die Konsistenz der verschiedenen Ziele, der Vorrang der Verbindlichkeit vor der Anzahl der Ziele und die explizite Begründung aus Nachhaltigkeitssicht in Bezug auf bestimmte Technologien, Energieträger oder Sektoren.

(201) Die Kommission hat aus diesen Überlegungen eine Reihe von energiepolitischen Zielen für Deutschland, zunächst für den Zeithorizont 2020, abgeleitet. Sie sind als Zwischenziele einer nachhaltigen Entwicklung des Energiesystems bis 2050 zu verstehen.

(202) Ein im Rahmen einer fairen Kooperation organisierter Transfer von Kapital, Technologie und Know-how im Energiebereich aus den Industrieländern in die Entwicklungs-, Schwellen- und Transformationsländer ist eine wesentliche Voraussetzung für eine international nachhaltige Entwicklung. Gleichzeitig ergeben sich hieraus wirtschaftliche Chancen für die Industrieländer und für die Lösung von globalen Problemen wie z. B. für die Armutsbekämpfung und den Klimaschutz. Dabei ist eine Strategie anzustreben, die die Chancen für wirtschaftliche und soziale Entwicklung in den Entwicklungs-, Schwellen- und Transformationsländern mit den Energie- und Umweltpolitiken der Industrienationen verknüpft. Diese Strategie ergibt sich auch aus der Mitverantwortung der Industriestaaten dafür, dass sich deren Fehler bei der Industrialisierung des Südens nicht wiederholen.

(203) Angesichts des bisher geringen Stellenwerts des Energiebereichs in der internationalen Entwicklungszusammenarbeit muss nachhaltige Energieversorgung neu in den Mittelpunkt der internationalen Entwicklungspolitik rücken. Es gilt, an das Konzept der nachhaltigen Entwicklung konkret angepasste Programme zu entwickeln.

(204) Die Strategie des Finanz- und Technologietransfers sowie der Entwicklungszusammenarbeit sollte je nach Zielland verschiedene Schwerpunkte haben: Effizienzsteigerung in den Transformationsländern, Verbesserung bzw. Aufbau effizienter, erschwinglicher und an Bedürfnisse und Lebensgrundlagen angepasster Versorgung in den Entwicklungsländern.

(205) Eine klimaverträgliche und risikominimierende weltweite Energiepolitik beruht wesentlich auf dem Vorrang der rationellen Energienutzung (REN), der verstärkten Nutzung der Kraft-Wärme/Kälte-Kopplung (KWK/K) und der forcierten Markteinführung der regenerativen Energien (REG).[132] Diese drei Säulen sollen durch einen weltweiten Policy-Mix flankiert werden. Die Kommission unterstützt eine Weltenergiestrategie, die das Zusammenwirken von Effizienz und Solarenergie in den Mittelpunkt stellt. Darüber hinaus fordert sie den Aufbau einer internationalen Agentur für Energieeffizienz und Solarenergie, Welteffizienzkonferenzen und neue Prioritäten für Forschung und Entwicklung sowie für die internationale Projekt- und Kreditförderung. Die Vergabe wie auch die Evaluierung der Wirkung öffentlicher Kredite sollte an Nachhaltigkeitskriterien ausgerichtet werden. Der Know-How- und Kapitaltransfer zur Flankierung einer nachhaltigen Entwicklung im Süden sollte auch auf Capacity Building gerichtet sein, um so Abhängigkeiten abzubauen und alle Faktoren eines sich selbst tragenden wirtschaftlichen Entwicklungsprozesses im Süden zu stärken.

(206) Die Kommission beschränkt sich auftragsgemäß darauf, eine Auswahl von Instrumenten zu behandeln. Dabei geht es ihr um eine möglichst prägnante Einordnung, Darstellung und Bewertung weniger Instrumente, die sie auf mittlere Sicht für besonders wichtig und zielführend für eine nachhaltige Energiewirtschaft hält. Der Diskussion vorangestellt sind eine Reihe methodischer

---

[130] Sondervotum des Sachverständigen Jürgen-Friedrich Hake: Alle verfügbaren Optionen haben sich dem Wettbewerb zu stellen, eine Vorentscheidung für dezentrale Systeme oder virtuelle Kraftwerke kann nicht nachhaltig sein.

[131] Sondervotum des Abg. Prof. Dr. Paul Laufs: Nationale Vorreiterrollen müssen ihre Begrenzung in der volkswirtschaftlichen Zumutbarkeit erfahren. Sie kann auch Free Rider Positionen anderer Länder begünstigen. Gefordert ist solidarisches Vorgehen oder auch Arbeitsteilung zumindest im Industrieländerlager.

[132] Sondervotum des Sachverständigen Prof. Dr. Dieter Schmitt: REG und REN sind wichtige Optionen für ein Konzept nachhaltiger Energieversorgung. Sie haben sich einem unvoreingenommenen Vergleich mit anderen Problemlösungen hinsichtlich ihrer Effektivität, Effizienz und möglicherweise zu verzeichnender Trade Offs zu stellen .

Vorüberlegungen. So sind Art, Umfang und Dauer staatlicher Intervention aus dem Grad des jeweils vorliegenden Markt- und Wettbewerbsversagens abzuleiten. Wichtige Gründe für staatliche Intervention sind unter anderem die Bereitstellung öffentlicher Güter, der Abbau von Wettbewerbshemmnissen und die Internalisierung externer Effekte. Die Teilziele der Intervention und die Instrumente werden getrennt diskutiert, sodass die mögliche Ablehnung von Teilzielen dennoch eine separate Diskussion und Bewertung der jeweiligen Instrumente erlaubt.

(207) Die Darstellung der Instrumente folgt zur besseren Vergleichbarkeit so weit wie möglich einem einheitlichen Charakterisierungsschema. Sie werden durch einen Kriterienkatalog bewertet, wobei nur die aus Sicht der Kommission wesentlichen Bewertungskriterien herangezogen werden. Durch einen gezielten Instrumenteneinsatz gilt es, Hemmnisse auf dem Weg zu einem nachhaltigen Energiesystem zu überwinden.

(208) Die Globalisierung ist durch internationale Instrumente zu flankieren. Insbesondere sind die internationalen Rahmenvereinbarungen weiterzuentwickeln sowie die flexiblen Mechanismen im Rahmen des Kioto-Protokolls zu nutzen. Da die projektbasierten Instrumente JI und CDM bei Technologietransfer und der Einbeziehung von Unternehmen eine besondere Rolle spielen können, erscheint der Kommission die Einrichtung eines spezifischen Fonds als besonders geeignet, um die Einführung der projektbasierten Mechanismen des Kioto-Protokolls (DUFIeM-Fonds) im Bereich nachhaltiger Technologien zu unterstützen.

(209) Auf EU-Ebene ist ein europäisches Emissionshandelssystem einzuführen, das auch einzelnen Wirtschaftssubjekten offen steht. Allerdings weist die Kommission auf einige noch zu lösenden Fragen bezüglich einer fairen Ausgestaltung hin. Spätestens ab Beginn der ersten Verpflichtungsperiode des Kioto-Protokolls soll das Emissionshandelssystem verpflichtend eingeführt sein. Angesichts der hohen Zielerreichung, der hohen Wettbewerbskonformität sowie der guten Flexibilität bewertet die Kommission den CO_2-Emissionshandel gerade für den Bereich der Industrie als ein besonders geeignetes Instrument von Klimaschutzpolitik.[133, 134]

(210) Der EURATOM-Vertrag wird angesichts des beschlossenen Ausstieges aus der Kernenergie in vielen EU-Staaten als anachronistisch angesehen.[135] Die verbleibenden Regelungstatbestände können nach Beendigung des EURATOM-Vertrages in den EG- bzw. den zukünftigen EU-Vertrag überführt werden. Im Bereich der Sicherheitsstandards sind EU-weite Vereinheitlichungen sowie eine Angleichung der Mitwirkungs- und Entscheidungsmechanismen an die Verfahrensweisen im nicht-nuklearen Sektor notwendig. Im Rahmen der Reform des EG-Vertrags soll ein eigenes Kapitel „Nachhaltige Energiepolitik“[136] geschaffen werden, um diese angesichts der fortschreitenden Integration anderer Politikfelder ebenfalls auf EU-Ebene zu verankern. Dabei sollte auf die Bereiche erneuerbare Energien und Energieeffizienz fokussiert werden, wobei ausreichende Innovationsspielräume für nationale Energiepolitik offen gelassen werden müssen.

(211) Ziel des Einsatzes global steuernder Instrumente auf nationaler Ebene ist vor allem die Schaffung langfristig verlässlicher Rahmenbedingungen für alle Akteure, insbesondere auch in der Wirtschaft. Dabei sind allgemeine Instrumente von klimaspezifischen Instrumenten zu unterscheiden.

(212) Durch eine konsequentere und zielgerichtete Liberalisierung der Strom- und Gasmärkte müssen beispielsweise die Rahmenbedingungen für eine Ausweitung der Akteursvielfalt geschaffen, Marktzutrittsschranken verringert und Transaktionskosten gesenkt werden. Auf Grund einer Vielzahl von Mängeln und Unzulänglichkeiten des deutschen Sonderwegs der Liberalisierung ist das bestehende Energiewirtschaftsgesetz entsprechend zu novellieren.[137]

(213) Wichtig ist auch der Abbau von Subventionen klimabelastender und risikobehafteter Energieträger (Rückführung der Subventionierung heimischer Steinkohle und der Gasölbeihilfe für die Landwirtschaft, Abbau der Steuerermäßigung des Dieselkraftstoffs etc).[138] Abzubauen sind auch die Wettbewerbsvorteile durch die Rückstellungen für Entsorgung und Stilllegung bei Kernkraftwerksbetreibern. Stattdessen sind die Rückstellungen in einem öffentlich-rechtlichen Stilllegungs- und Entsorgungsfonds für ihren Verwendungszweck zu sichern.[139]

(214) Als global steuernde klimaspezifische Instrumente bieten sich nach Ansicht der Kommission die Weiterentwicklung der ökologischen Steuerreform zur ökologischen Finanzreform sowie die Unterstützung kommunaler sowie

[133] Sondervotum des Abg. Dr. Ralf Brauksiepe: Der vorliegende Vorschlag der EU-Kommission führt zu Anlagenstilllegungen und Abwanderungen aus den EU-Ländern. Es muss den Mitgliedstaaten freigestellt sein, ob sie auf andere Instrumente, z. B. Selbstverpflichtungen, setzen.

[134] Sondervotum des Abg. Franz Obermeier: Ein Zertifikathandelssystem muss mindestens EU-weit eingeführt werden, darf nicht diskriminieren, muss Vorleistungen berücksichtigen, kompatibel zu den Kioto-Instrumenten sein. Eine leichtfertige Aufgabe des Modells der Selbstverpflichtung ist unvertretbar.

[135] Sondervotum des Sachverständigen Jürgen-Friedrich Hake: Der EURATOM-Vertrag hat sich außerordentlich bewährt und sollte auf keinen Fall aufgegeben werden.

[136] Sondervotum des Abg. Kurt-Dieter Grill: Die Schaffung eines eigenen Kapitels „Nachhaltige Energiepolitik“ im zu reformierenden EU-Vertrag ist abzulehnen.

[137] Sondervotum des Abg. Kurt-Dieter Grill: Die pauschale Kritik an der Liberalisierung in Deutschland ist zurückzuweisen. Sie ist weder substanziell noch nachvollziehbar.

[138] Sondervotum des Sachverständigen Prof. Dr. Volker Schindler: Bei Benzin und Diesel sind die externen Umweltkosten bereits überhöht. Eine Angleichung der Besteuerung beider auf mittlerem Niveau ist sinnvoll. Aspekte der Konkurrenzfähigkeit inländischer Kfz-Betreiber gegenüber ausländischer Konkurrenz sind zu berücksichtigen.

[139] Sondervotum des Sachverständigen Prof. Dr. Dieter Schmitt: Überführung der Rückstellungen für Entsorgung und Stilllegung von nuklearen Anlagen in einen öffentlich-rechtlichen Fonds ist abzulehnen, da hierdurch in hohem Maße die Erfüllung der Entsorgungspflichten durch die Betreiber gefährdet werden kann.

landesspezifischer Klimaschutzaktivitäten an.[140] Dabei soll die hohe Bereitschaft vieler Kommunen, aber auch teilweise von Bundesländern zur Durchführung von Klimaschutzaktivitäten finanziell flankiert werden.[141]

(215) Aus verschiedenen Gründen ergeben sich Grenzen global steuernder Instrumente: So sind die Märkte im allgemeinen wie auch Märkte für Energiedienstleistungen nicht vollkommen, sondern weisen auch jenseits der externen Kosten Defizite wie Informationsasymmetrien und Marktmacht auf.[142] Darüber hinaus bewirken sie eher kurzfristige Anpassungsreaktionen, so dass sie bei Sektoren mit Schwerpunkt auf der Langfristperspektive oft keine ausreichenden Preissignale setzen. Das Zielspektrum für eine nachhaltige Energieversorgung ist außerdem mehrdimensional und beschränkt sich nicht auf einen Schadstoff (wie z. B. CO_2) oder Risikobereich (wie die Kernenergie), so dass Anreize, die nur einen Regelungstatbestand betreffen, nicht ausreichend sind. Im Gegensatz zu akteurs-, sektor- oder technologiespezifischen Instrumenten stoßen global steuernde Instrumente auch eher auf politische oder Akzeptanzprobleme.

(216) Auf dem Strommarkt hält die Kommission den Einsatz zusätzlicher spezifischer Instrumente für unerlässlich, um folgende drei Teilziele zu verfolgen: Erstens soll der Anteil regenerativer Energien erhöht werden. Zweitens strebt die Kommission einen deutlichen Ausbau des KWK-Anteils an der Stromerzeugung an und drittens muss die Stromeffizienz beim Verbraucher erhöht werden,[143] da durch die Liberalisierung des Strommarktes Einsparbemühungen[144] beim Verbraucher in der Hintergrund getreten sind.

(217) Zur weiteren Förderung der erneuerbaren Energien im Strombereich bieten sich eine Weiterentwicklung des bewährten Einspeisegesetzes und der Kredit- und Förderprogramme für erneuerbare Energien[145] und die Einführung einer Kennzeichnungspflicht für Strom an.

(218) Um der Zurückdrängung der KWK durch den Liberalisierungsprozess zu begegnen, ist am 1. April 2002 das KWK-Gesetz in Kraft getreten. Für den Fall, dass die dadurch beabsichtigte Reduktion der CO_2-Emissionen um 10 Mio. t bis 2005 nicht erreicht wird, hält die Kommission als Anschlussregelung die Einführung einer Mengenregelung zur Förderung der KWK für notwendig und zielführend. Sie soll KWK-Anlagen den Marktzutritt ermöglichen und ihnen die Möglichkeit geben, nach Abbau der bestehenden Überkapazitäten und bei reiferem Wettbewerbsmarkt konkurrieren zu können.[146]

(219) Als wichtiger Teil der Strategie einer stärkeren Nachfrageorientierung durch rationelle Energienutzung ist die Verbesserung der Stromeffizienz beim Verbraucher anzusehen, da hier erhebliche Effizienzpotenziale bestehen. Dafür besonders geeignet hält die Kommission eine Förderung der beschleunigten Marktdiffusion von Effizienztechnologien durch ein integriertes Forschungs-, Demonstrations- und Weiterbildungsprogramm (RAWINE) sowie durch die Einrichtung eines Energieeffizienzfonds. Dieser Fonds ist als unabhängige öffentlich-rechtliche Einrichtung zu konzipieren und dient insbesondere dem Abbau von Markthemmnissen für Effizienztechnologien bei Stromanwendungen sowie der Senkung von Transaktionskosten für die unterschiedlichen Akteure. Von hoher Wirksamkeit erscheint zudem eine Ausdehnung von Labelling und Standards auf bisher noch nicht erfasste Geräte. Dies ist durch eine entsprechende Novellierung des Energieverbrauchskennzeichnungsgesetzes sowie der Energieverbrauchshöchstwerteverordnung zu bewerkstelligen.

(220) Im Wärmemarkt sieht die Kommission Handlungsbedarf auf zwei zentralen Feldern: Zum einen strebt sie eine Senkung des Energiebedarfs durch verbesserten Wärmeschutz der Gebäude in Kombination mit Effizienzverbesserungen der Energiewandleraggregate an. Der Wärmeschutz kann durch eine Weiterentwicklung der Energieeinsparverordnung verbessert werden, wobei es notwendig erscheint, die jeweiligen Anforderungen an den sicherzustellenden Primärenergiebedarf kontinuierlich zu erhöhen. Erfolg verspricht zum anderen die finanzielle Förderung von Maßnahmen zur Energiebedarfsminderung. Dies kann durch die Vergabe zinsverbilligter Kredite für effiziente Gebäudesanierung oder steuerliche Abschreibungsvergünstigungen erfolgen. Flankierend sollten organisatorische und mietrechtliche Verbesserungen in Bezug auf Contracting-Maßnahmen und deren Anwendbarkeit auch im Mietwohnungsbereich gefördert werden. Dadurch können aufgrund bestehender Investitionshemmnisse vielfach ungenutzt bleibende Energieeinsparpotenziale im Gebäudebereich erschlossen werden.[147]

---

[140] Sondervotum des Sachverständigen Prof. Dr. Dieter Schmitt: Die Forderung nach Fortsetzung der „Ökosteuer“ steht in eklatantem Widerspruch zur herrschenden Meinung der Finanzwissenschaftler. Sie nimmt eine Erhöhung der Staatsquote und weitreichende Umverteilungseffekte zulasten der Niedrigverdienenden in Kauf.

[141] Sondervotum des Sachverständigen Dr. Hans Jörg Henne: Die Verquickung der Ziele nachhaltiger Energieversorgung mit kommunalpolitischen Zielen bzw. der besonderen Geeignetheit der Kommunen für die Realisierung dieser Ziele ist nicht nachvollziehbar.

[142] Sondervotum des Abg. Kurt-Dieter Grill: Es ist ein ebenso altes wie unbewiesenes Vorurteil, dass Märkte „kurzsichtiger“ sind als politische Akteure. Es gibt gute Gründe dafür anzunehmen, dass unter dem Gesichtspunkt der Wählerstimmenmaximierung eher das Gegenteil der Fall ist.

[143] Sondervotum des Abg. Franz Obermeier: Die Vorgabe einzelner Maßnahmen in einer derart apodiktischen Form entbehrt jeder Begründung. Es handelt sich um Optionen, die sich im Vergleich mit anderen erst als die zielführenderen erweisen müssen.

[144] Sondervotum des Abg. Walter Hirche: Ein empirischer Beleg dafür, dass die „Einsparbemühungen“ des Verbrauchers bedingt durch die Liberalisierung in den Hintergrund getreten sind. Nicht zuletzt aufgrund kostenträchtiger Interventionen des Staates sind die Verbraucherpreise überhaupt nicht gesunken.

[145] Sondervotum des Sachverständigen Hans Jörg Henne: Bewährt hat sich das „Einspeisegesetz“ bislang nur für den Anlagenbau und Investoren und zwar zulasten des Stromverbrauchers. Kriterien für die hier vorgetragene Beurteilung werden ebenso wenig präsentiert wie für die Möglichkeit zur Kennzeichnung von Strom!

[146] Sondervotum des Abg. Dr. Ralf Brauksiepe: Eine Begründung für eine Mengenregelung bei KWK steht aus.

[147] Sondervotum des Sachverständigen Jürgen-Friedrich Hake: Ein konkreter belastbarer Vorschlag zur Erschließung des beträchtlichen gerade im Altbaubereich zu unterstellenden Potenzials zur Effizienzsteigerung wird leider nicht geliefert.

(221) Einen wesentlichen Beitrag zur Minderung der vom Wärmemarkt herrührenden Treibhausgasemissionen kann auch ein verstärkter Einsatz erneuerbarer Energiequellen leisten. Hierzu kommen in erster Linie Solarkollektoranlagen zur Warmwasserbereitung, biomassebefeuerte Heizungsanlagen, Wärmepumpenanlagen und solare Nahwärmesysteme in Betracht. Für die kleineren dezentralen Systeme hält die Kommission eine Förderung analog zum derzeit geltenden Marktanreizprogramm zugunsten erneuerbarer Energiequellen für besonders geeignet, während für die nahwärmeorientierten Systeme neben der direkten finanziellen Unterstützung eine mengenorientierte Regelung zur Unterstützung regenerativer Energien im Wärmemarkt vorgeschlagen wird.

(222) Im Verkehrsbereich wird ein angemessener Beitrag zu den klimapolitischen Zielen dadurch behindert, dass der Pkw-Verkehr weiterhin den deutlich größten Beitrag zu den verkehrsbedingten CO_2-Emissionen verursacht und der Straßengüterverkehr sowie insbesondere der Flugverkehr deutlich wachsen. Als Ziel hält die Kommission die Reduktion des durchschnittlichen Verbrauchs der Pkw-Flotte auf unter 4,5 l/100 km bis 2020 für möglich sowie bis 2050 auf unter 2 l/100 km.[148] Dazu bedarf es Festlegungen von geeigneten Zielgrößen auf nationalstaatlicher Ebene oder durch die EU, am besten im Rahmen von Vereinbarungen mit der Automobilindustrie. Effiziente Pkw sind durch eine differenzierte Besteuerung zu fördern. Tempolimits für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge vermeiden den überproportionalen Schadstoffausstoß bei hohen Geschwindigkeiten. Die Absetzbarkeit betrieblich genutzter Pkw ist auf die wirklich betriebliche Erfordernis zurückzuführen. Die externen Kosten der Lkw sollen so weit wie möglich durch Straßennutzungsgebühren gedeckt werden. Flugverkehr, Bahn und Bus sind bei der Mineralölsteuer gleich zu behandeln.[149] Im Güterverkehr ist eine EU-weite Verlagerung auf Schiene und Schiff anzustreben. Dies müsste national durch die Internalisierung der externen Kosten im Straßengüterverkehr flankiert werden.[150] Beim Flugverkehr sollte die abgabenseitige Begünstigung der Flugkraftstoffe aufgehoben werden. Wünschenswert wäre auch, die Expansion des Luftverkehrs auf maximal den Umfang zu beschränken, der durch Effizienzgewinne als Folge verbesserten Fluggeräts kompensiert wird.[151, 152] Wegen der Komplexität des Verkehrsbereichs empfiehlt die Kommission die Einsetzung einer Enquete-Kommission „Nachhaltige Mobilität“ in der nächsten Wahlperiode.

(223) Wegen der großen Rolle technischer, wirtschaftlicher und sozialer Innovationen bei der Gestaltung eines nachhaltigen Energiesystems vertritt die Kommission die Ansicht, dass ein nachhaltiges Energiesystem nur dann realisierbar ist, wenn es zu einem zeitnahen Prioritätenwechsel in der Energieforschungsförderung kommt. Die Kommission schließt sich den Kriterien an, die sich in der internationalen Diskussion (z. B. in den Niederlanden) für eine nachhaltige Forschungs- und Entwicklungspolitik herausgebildet haben. In Ergänzung zu diesen Punkten hält die Kommission es für bedeutsam, die Analyse der Hemmnisse für eine beschleunigte Markteinführung, der Instrumente und Maßnahmen für eine erfolgreiche Markttransformation und der Evaluierung der Wirkungen von neuen Techniken in transdisziplinäre Forschungsprogramme mit einzubeziehen.

(224) Die Bildungs- und Forschungspolitik hat die zentrale Aufgabe, in allen energierelevanten Bereichen technische und soziale Neuerungen durch problemgerechte Rahmenbedingungen anzuregen, so dass der Qualitäts- und Innovationswettbewerb auf Nachhaltigkeitsziele ausgerichtet werden kann.

(225) Darüber hinaus schlägt die Kommission ein integriertes sozialwissenschaftlich-technisches Forschungsprogramm vor, in dem auch die Schnittstelle zwischen Effizienz und Suffizienz zum Thema gemacht wird.[153] Zur Umsetzung der verschiedenen Strategieelemente bedarf es eines differenzierten Policy-Mix. Dieser Mix enthält einige Elemente, die für ein nachhaltiges Energiesystem konstituierend sind, aber auch Elemente, die sich im Zeitverlauf ändern bzw. auch abgelöst werden können:

(226) Die fortlaufende Anpassung und Optimierung des Policy-Mix ist eine anspruchsvolle Aufgabe, der sich der Staat mit dem Ziel, eine nachhaltige Energiewirtschaft zu entwickeln, zu stellen hat. Ein zielführendes Instrumentenbündel fördert die Funktionsfähigkeit der Märkte. Funktionsfähige Märkte für Energie bilden eine Grundlage und Rahmenbedingung für die Entwicklung eines nachhaltigen Energiesystems. Hierzu muss das gesamte Spektrum der Instrumente zur Schaffung und Absicherung liberalisierter Energiemärkte mit großer Akteursvielfalt Anwendung finden. Unabdingbar sind ebenfalls global marktsteuernde Instrumente zur Internalisierung externer Kosten, eine gezielte Innovationspolitik sowie Instrumente der Information und Motivation, die einerseits die gesellschaftliche Akzeptanz und die gesellschaftliche Tragfähigkeit von Nachhaltigkeitsstrategien

---

148 Sondervotum des Abg. Prof. Dr. Paul Laufs: Eine Senkung des Verbrauchs der aktiven Flotte auf diese Werte erscheint unmöglich; allenfalls ist das Ziel für die Flotte der neu zugelassenen Fahrzeuge diskutierbar.

149 Sondervotum des Sachverständigen Prof. Dr. Volker Schindler: Flugverkehr, Bahnen, Busse und Schiffe sind ebenso wie Pkw und Lkw mit den ihnen zuzurechnenden externen Umweltkosten zu belasten.

150 Sondervotum des Abg. Dr. Ralf Brauksiepe: Eine Verlagerung relevanter Anteile des Straßengüterverkehrs auf Schiene oder Schiff ist aus Gründen der unterschiedlichen technischen Möglichkeiten auch nach Überwinden der derzeitigen organisatorischen und infrastrukturellen Limitierungen nicht möglich.

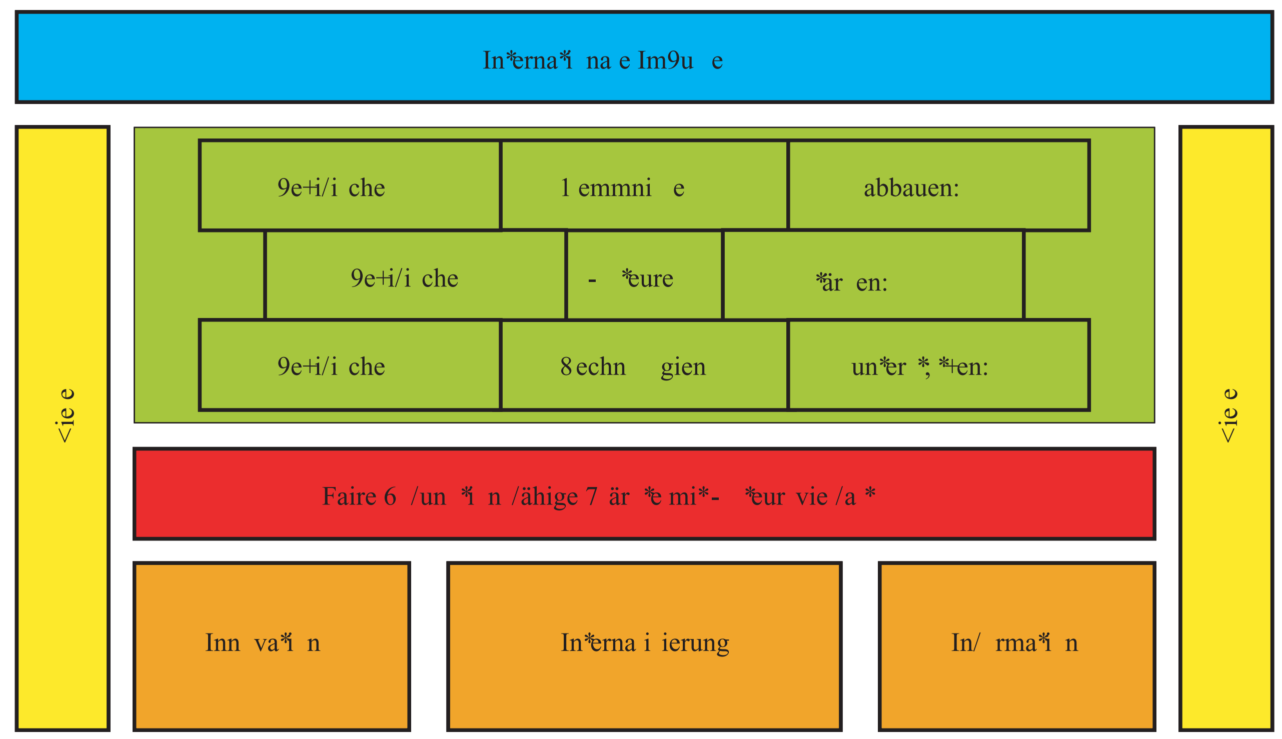
151 Sondervotum des Abg. Dr. Ralf Brauksiepe: Nationale administrative Beschränkungen des Luftverkehrs würden zu massiven Wettbewerbsnachteilen für wichtige Teile der deutschen Wirtschaft führen.

152 Sondervotum des Sachverständigen Dr. Hans Jörg Henne: Die Internalisierung externer Kosten ist ein generelles Gebot jeder nachhaltigen Energieversorgungskonzeption. Zu überprüfen ist allerdings, inwieweit z. B. durch die bestehende Besteuerung gerade im Verkehrsbereich diese Forderung umgesetzt ist.

153 Sondervotum des Abg. Walter Hirche: Die Einbindung von geisteswissenschaftlichen Fachbereichen in die Energiepolitik in Form von Forschungsprogrammen wird zum jetzigen Zeitpunkt mangels zu erwartender Erkenntnisse skeptisch betrachtet.

Abbildung 1-4

Elemente des Policy-Mix für die Ausgestaltung eines nachhaltigen Energiesystems



* hemmnis-, akteurs- und technologiespezifische Instrumente permanent evaluieren, modifizieren, anpassen, ersetzen bzw. auslaufen lassen

im Energiebereich sichern, gleichzeitig aber auch Informationsasymmetrien abbauen, Markttransparenz herstellen sowie zur Senkung von Transaktionskosten beitragen sollen. Komplementär dazu adressieren sektor-, zielgruppen- und technologiespezifische Instrumente spezielle Marktunvollkommenheiten und -hemmnisse, vor allem hinsichtlich der Substitution von Energie durch Effizienztechnologien. Alle Instrumente sind regelmäßig einem Monitoring-Prozess zu unterwerfen, um zu klären, ob die adressierten Hemmnisse noch bestehen und die eingesetzten Instrumente noch angemessen und zielführend sind.

(227) Die Formulierung von globalen und Sektorzielen bildet ein entscheidendes Verbindungselement zwischen klaren Strategien bzw. Entwicklungszielen und einem möglichst flexiblen Instrumenteneinsatz. Die Formulierung, Evaluierung und Erneuerung von Zielen ist damit ein konstituierendes Element des Policy-Mix.

(228) Schließlich bildet die internationale Ebene eine unabdingbare Dimension für nachhaltigkeitsorientierte Politik im Energiesektor. Dies betrifft sowohl die Ausarbeitung von Global Governance-Regimen als auch den gezielten Transfer von Technologien und Politiken in den internationalen Raum, z. B. über die flexiblen Instrumente des Kioto-Protokolls.

(229) Der Instrumentenmix soll bei Formulierung klarer Ziele flexibel gehandhabt werden können. Häufige Instrumentenwechsel sind zu vermeiden. Freiwillige Selbstverpflichtungen als Ergänzung staatlicher Instrumente müssen – bei offensichtlicher Zielverfehlung – einher gehen mit der Option eines zum Einsatz bereiten alternativen Instruments zur Zielerreichung.

1.7 Handlungsempfehlungen

(230) In ihren abschließenden Handlungsempfehlungen schlägt die Kommission, basierend auf der systematischen Analyse der Nachhaltigkeitsstrategien und Instrumente, einen Policy-Mix vor, der besonders geeignet erscheint, den Strukturwandel zu einer nachhaltigen Energiewirtschaft einzuleiten. Der für die Handlungsempfehlungen der Kommission gewählte Zeithorizont ist auf eine mittelfristige Perspektive von zehn bis 15 Jahren begrenzt. Oberste Priorität hat im Energiesektor dabei die Ausarbeitung, Stärkung und Umsetzung von operationalisierbaren Nachhaltigkeitsstrategien.

(231) Der Prozess der Liberalisierung sollte durch wettbewerbsermöglichende und -sichernde Regulierungen[154]

[154] Sondervotum des Abg. Franz Obermeier: Die Liberalisierung hat den Weg von regionalen Monopolen zu einer Mehrzahl von Akteuren frei gemacht. Sogenannte wettbewerbsermöglichende Regulierungen erwecken den falschen Eindruck eines wettbewerbsfördernden Elements. Das Gegenteil ist der Fall.

fundiert werden, um der zu beobachtenden Machtkonzentration und Oligopolbildung entgegenzuwirken und eine größere Akteursvielfalt zu gewährleisten.[155] Darüber hinaus ist sicherzustellen, dass durch die Liberalisierung die ökologischen Leitziele von Nachhaltigkeit nicht in Frage gestellt werden; insofern erfordert die Realisierung von Nachhaltigkeit einen durchsetzungsfähigen Staat,[156] der das Primat der Politik umsetzt.

Weiterentwicklung der Liberalisierung:

(232) Um zu verhindern, dass weitere Marktkonzentrationsprozesse und der Missbrauch bestehender marktbeherrschender Stellungen einen funktionsfähigen Wettbewerb auf den Energiemärkten de facto verhindern, sollten die bestehenden Regelungen eines verhandelten Netzzugangs sowie das Fehlen einer unabhängigen nationalen Regulierungsbehörde zeitnah im Hinblick auf das Ziel eines diskriminierungsfreien Netzzugangs überprüft werden.[157] Die Kommission empfiehlt im Falle von ausbleibenden Liberalisierungsfortschritten oder zu geringen Fortschritten in Richtung auf ein nachhaltigeres Energiesystem die gesetzliche Verankerung einer Netzzugangsverordnung sowie die Einsetzung einer ex ante agierenden Wettbewerbsinstanz.[158] Die Regelungen zur Fusionskontrolle sind im Interesse einer größeren Akteursvielfalt zu verschärfen, und die aus Gemeinwohlgründen ggf. weiterhin notwendigen Ausnahmetatbestände müssen durch die Einbeziehung des Parlaments transparenter gemacht und demokratisiert[159] werden.

(233) Angesichts der zunehmenden Marktrisiken (vgl. z. B. den Bankrott des amerikanischen Energieversorgers ENRON) ist eine Neubewertung des Umgangs mit den Rückstellungen[160, 161] der Energiewirtschaft zum Rückbau der Atomkraftwerke vorzunehmen: Die Rückstellungen sollten in einen öffentlich-rechtlichen Fonds überführt werden.[162]

Nachhaltige Energiewirtschaft:

(234) Ohne klare quantifizierte Ziele gibt es keine hinreichenden Maßstäbe, um die Realisierung von Klimaschutzmaßnahmen zu bewerten: Die Bundesrepublik sollte sich verpflichten, auch bei möglicherweise zögerlicher Klimaschutzpolitik anderer Staaten die nationalen Treibhausgasemissionen – auf der Basis von 1990 – um 40 % bis 2020 zu reduzieren. Längerfristig empfiehlt die Kommission eine Orientierung Deutschlands an einer Minderung der Treibhausgasemissionen um 50 % bis 2030 und 80 % bis 2050.[163] Wie die Szenarienrechnungen gezeigt haben, entstehen hierfür keine untragbaren volkswirtschaftlichen Kosten.[164, 165]

(235) Ein wichtiger Baustein für ein nachhaltiges Energiesystem ist nach Überzeugung der Kommission die Dezentralisierung der Versorgungsstrukturen.[166] Die zentralisierten Angebotsstrukturen sind daher durch dezentrale Optionen zu ergänzen und in der längerfristigen Perspektive weitgehend durch dezentrale Angebots- und Netzkonfigurationen abzulösen. Diese Optionen lassen sich mit Hilfe moderner IuK-Technik zu „virtuellen“ Kraftwerken zusammenfassen.[167] Zu diesem Umbau müssen jedoch die regulatorischen Rahmenbedingungen für dezentrale Optionen verbessert werden. Zudem ist der Aufbau der notwendigen Infrastruktur mit gezielten Markteinführungsprogrammen zu unterstützen und voranzutreiben.[168]

(236) Durch die bevorstehenden Investitions- und Erneuerungszyklen des deutschen Kraftwerksparks (2005 bis 2025) öffnet sich ein Zeitfenster, das genutzt werden

---

155 Sondervotum des Abg. Franz Obermeier: Nicht Regulierung, sondern die Konzipierung und Sicherung eines wettbewerblichen Ordnungsrahmens ist gefordert. Der Staat muss sich auf die ihm zugeteilte Rolle zurückziehen.

156 Sondervotum des Sachverständigen Jürgen-Friedrich Hake: Das Postulat vom durchsetzungsfähigen Staat wird zur Begründung willkürlicher und schrankenloser staatlicher Interventionen missbraucht.

157 Sondervotum des Abg. Kurt-Dieter Grill: Es besteht keine Veranlassung, den Weg des verhandelten Netzzugangs zugunsten einer stärkeren Regulierung oder eines gesetzlich verordneten Netzzugangs aufzugeben.

158 Sondervotum des Abg. Franz Obermeier: Die Einrichtung einer nationalen Regulierungsbehörde wird abgelehnt. Die Weiterentwicklung der Verbändevereinbarungen ist zu unterstützen.

159 Sondervotum des Sachverständigen Dr. Hans Jörg Henne: Eine sogenannte „Demokratisierung“ löst das Problem sachgerechter Entscheidungen nicht. Mit Ausnahmetatbeständen sollte, wie vom Gesetzgeber verlangt, restriktiv umgegangen werden.

160 Sondervotum des Abg. Prof. Dr. Paul Laufs: Bilanzierungsrechtliche Änderungen von Rückstellungen für Kernkraftwerke sind nicht sachgerecht und werden abgelehnt. Dies ist ein Versuch, die Abschaltung auf „kaltem Wege“ durchzusetzen.

161 Sondervotum des Abg. Walter Hirche: Die Überführung der Rückstellungen für Entsorgung und Stilllegung nuklearer Anlagen in einen Fonds gefährdet die Entsorgung und stellt einen enteignungsgleichen Tatbestand dar.

162 Sondervotum des Sachverständigen Prof. Dr. Volker Schindler: Der Rückbau von Kernkraftwerken und die dazu erforderliche gesicherte finanzielle Vorsorge müssen uneingeschränkt in der Verantwortung des jeweiligen Betreibers bleiben.

163 Sondervotum des Sachverständigen Dr. Hans Jörg Henne: Quantitative Zielvorgaben sind angesichts der verbleibenden Ungewissheiten im Hinblick auf die tatsächliche Knappheit von Ressourcen und die Klimagefährdung sowie hinsichtlich der zukünftigen Marktentwicklung und der sich eröffnenden Optionen nicht zielführend.

164 Sondervotum des Abg. Kurt-Dieter Grill: Durch den Begriff „keine untragbaren Kosten“ wird vorgespiegelt, dass die mit solchen Zielen einhergehenden volkswirtschaftlichen Kosten nicht erheblich seien. Das Gegenteil ist der Fall, wie die Szenarien ohne Kernenergie gezeigt haben.

165 Sondervotum des Sachverständigen Jürgen-Friedrich Hake: Szenariorechnungen spiegeln nicht mehr als das Ergebnis der Annahmen wider, auf deren Basis sie ermittelt wurden. Sie können für sich auf keinen Fall in Anspruch nehmen, absolut richtig die zukünftige Entwicklung beschreiben zu können.

166 Sondervotum des Abg. Franz Obermeier: Der Grad der Dezentralisierung kann keine sinnvolle Zielvorgabe für eine nachhaltige Energieversorgung sein. Ideologische Vorgaben führen zu hohen Kosten für die Betroffenen, ohne demokratisch legitimiert zu sein.

167 Sondervotum des Abg. Walter Hirche: Allgemeine dezentrale Energieerzeugungs- und Netzsteuerungsstrukturen müssen wegen der mit ihnen verbundnen Kosten und Umweltbelastungen nicht nachhaltiger als zentrale Strukturen sein.

168 Sondervotum des Abg. Kurt-Dieter Grill: Die einseitige Konzentration auf dezentrale Versorgungsstrukturen wird abgelehnt.

muss, um durch temporär verstärkte Anreizsetzung den Durchbruch zu einer Energieeffizienz- und Solarenergiewirtschaft zu erreichen.[169, 170] Die Marktdurchdringung von Kraft-Wärme-Kopplung ist verstärkt durch die Sicherung eines fairen Marktzutritts zu fördern. Das KWK-Gesetz ist – vor allem in Abhängigkeit von der Evaluation im Jahre 2004 – konsequent weiterzuentwickeln, gegebenenfalls durch die Einführung einer Mengenregelung.[171] Zur weiteren Förderung regenerativer Energien im Stromsektor ist die Weiterentwicklung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG)[172] und eine Weiterführung von entsprechenden Kreditprogrammen in der augenblicklichen Marktphase ohne Alternative. Für den Wärmebereich empfiehlt die Kommission zunächst die Ausweitung der Förderprogramme bis eine Mengenregelung im Sinne einer Umweltschutzpflicht für die entsprechenden Akteure der Händlerkette fossiler Brennstoffe festgelegt ist.

(237) Angesichts der existierenden Markthemmnisse tritt die Kommission auch für eine entschiedenere Stärkung der Energieeffizienz auf der Nachfrageseite ein. Ein funktionsfähiger Wettbewerb um Energiedienstleistungen muss organisiert bzw. flankiert werden. Dazu ist das derzeit vorrangig angebotsorientierte System der Versorgung mit Energieträgern durch ein stärker nachfrageorientiertes System der Effizienzverbesserung und der volkswirtschaftlich preiswürdigen Bereitstellung von Energiedienstleitungen beim Verbraucher zu vervollständigen. Die vielfältigen Hemmnisse, die den Substitutionswettbewerb zwischen Energieeffizienztechnologien und dem Energieangebot behindern, sind abzubauen.

(238) Zur Gestaltung einer nachhaltig-zukunftsfähigen Energiewirtschaft möchte die Kommission folgende Instrumente als besonders geeignet hervorheben:

(239) Die Ökosteuer ist als aufkommensneutrales Instrument zur Internalisierung externer Kosten weiterzuentwickeln.[173] Der reale Steuersatz sollte kontinuierlich angehoben werden. Durch stetige und langfristige Nachfolgeregelungen sollte neben der Senkung der Bruttolohnkosten die gezielte Nutzung eines Teils des Steueraufkommens für den ökologischen Strukturwandel geprüft werden, sodass daraus eine umfassende ökologische Finanzreform resultiert.[174]

(240) Ein Konzept zur Umsetzung eines Emissionshandelssystems sollte auch in Deutschland zügig entwickelt werden, wobei dessen Umsetzung in den von der Kommission beschriebenen Policy Mix integriert werden sollte.[175, 176]

(241) Ein Energieeffizienz-Fonds sollte eingerichtet werden, der gespeist wird aus einer wettbewerbsneutralen Umlage auf die Erlöse der Strom- und Gasnetzbetreiber und/oder aus einem Teil des Aufkommens der Ökosteuer. Daraus sollen wettbewerbliche Kampagnen, Maßnahmen und Programme zur Marktunterstützung von Effizienztechnologien und -dienstleistungen sowie Motivations- und Informationskampagnen finanziert werden.[177] Ausführende Instanz wäre eine marktnah agierende Effizienzagentur nach dem englischen oder dänischen Vorbild.[178]

(242) Ein integriertes Forschungs-, Demonstrations- und Weiterbildungsprogramm des Bundes und der Länder zur „Rationellen und wirtschaftlichen Verwendung von Elektrizität“ (RAWINE) sollte in Anlehnung an das Schweizer RAVEL-Programm und erfolgreiche landespolitische Aktivitäten (in Hessen und Nordrhein-Westfalen) aufgelegt werden.

(243) Ein Maßnahmenbündel für nachträgliche Wärmeschutzmaßnahmen im Gebäudebestand und die Einführung von rationeller Heizungs- und Warmwasserbereitungstechnik (verstärkt auf Basis regenerativer Energien)[179] im Rahmen von ohnehin anstehenden Sanierungsmaßnahmen ist besonders dringlich, da hier ein wirtschaftliches CO_2-Minderungspotenzial von bis zu 50 % realisierbar ist.[180]

(244) Anzustreben ist nach Auffassung der Kommission eine Vielfalt regionsspezifischer Erzeugungspotenziale,

---

169 Sondervotum des Abg. Franz Obermeier: Eine Verstärkung des politischen Interventionismus zugunsten dezentraler Versorgungsstrukturen und der Solarenergiewirtschaft wird abgelehnt.

170 Sondervotum des Sachverständigen Prof. Dr. Dieter Schmitt: Ein langfristig angelegtes interventionistisches und technologiebezogenes Vorgehen hat Dauersubventionen und Ineffizienz zum Ergebnis.

171 Sondervotum des Abg. Dr. Ralf Brauksiepe: Staatlich durchgesetzte Mengenregelungen sind grundsätzlich abzulehnen. Sie führen zu Dauersubventionen. Der Wettbewerb im Markt regelt Mengen effizient.

172 Sondervotum des Sachverständigen Dr. Hans Jörg Henne: Die Verschärfung des KWK-Gesetzes sowie des EEG werden als kontraproduktiver Interventionismus abgelehnt.

173 Sondervotum des Sachverständigen Prof. Dr. Dieter Schmitt: Die Forderung nach einer Fortsetzung der Ökosteuer widersetzt sich allen negativen Erfahrungen, die mit diesem Instrument gemacht wurden. Die klare Ablehnung der Finanzwissenschaft wird nicht beachtet. Die Schwächeren der Gesellschaft werden hierdurch getroffen.

174 Sondervotum des Abg. Walter Hirche: Die Ökosteuer ist nicht aufkommensneutral, sondern kostensteigernd und wird abgelehnt. Dies gilt auch für ihre weitere Erhöhung. Sie taugt nicht als Grundlage einer umfassenden ökologischen Finanzreform.

175 Sondervotum des Sachverständigen Jürgen-Friedrich Hake: Eine kritiklose Umsetzung des EU-Richtlinienvorschlags wird abgelehnt. Das Instrument als solches wird grundsätzlich begrüßt.

176 Sondervotum des Sachverständigen Dr. Hans Jörg Henne: Die Entwicklung eines Zertifikathandelssystems muss mindestens europaweit ausgelegt sein, nichtdiskriminierend ausgestaltet werden, die Vorleistungen gerade der deutschen Industrie berücksichtigen und auch mit den flexiblen Kioto-Instrumenten verknüpft werden.

177 Sondervotum des Abg. Prof. Dr. Paul Laufs: Neue Umlagen und Steuern für Energieversorgungsunternehmen zur Finanzierung öffentlicher Kampagnen sind entschieden abzulehnen.

178 Sondervotum des Sachverständigen Prof. Dr. Volker Schindler: Die Einrichtung eines sogenannten „Energie-Effizienz-Fonds“ wird abgelehnt, da hierdurch Schattenhaushalte entstehen und die notwendige Transparenz der Mittelausgabe nicht sichergestellt ist.

179 Sondervotum des Abg. Walter Hirche: Die Bevorzugung regenerativer Energien kann zu ineffizienten und wenig nachhaltigen Strukturen führen.

180 Sondervotum des Abg. Franz Obermeier: Die Vorgabe des Einsatzes bestimmter regenerativer Energieträger bei Wärmeschutzmaßnahmen im Gebäudebestand wird abgelehnt.

die durch niedrige Zutrittsbarrieren zu den Energie- und Technologiemärkten zu befördern sind. Hierzu sind regional orientierte Akteure wie auch deren Koordinierung innerhalb dezentraler Netzstrukturen zu fördern und dauerhaft zu etablieren. Dafür sind die kleinen Produzenten und Selbstversorger rechtlich und gegenüber etablierten Akteuren des Energiemarktes wirtschaftlich zu stärken.[181]

(245) Die Kommission empfiehlt eine forschungs- und bildungspolitische Offensive, deren zentrale Elemente Energieeffizienzaspekte und erneuerbare Energien sein sollen. Dabei sind auch die durch Verhalten und den Lebensstil beeinflussbaren CO_2-Minderungspotenziale in einem integrierten Forschungs- und Entwicklungsprogramm zu erforschen, das sozial-ökologische und technische Aspekte (d. h. auch Fragen der Effizienz und Suffizienz) miteinander verbindet.[182]

Verkehr:

(246) Die Kommission empfiehlt in der nächsten Legislaturperiode die Einsetzung einer Enquete-Kommission zum Thema „Nachhaltige Mobilität“.

Europapolitik:

(247) Auf europäischer Ebene sind Energiemärkte mit transparenten und gleichen Rahmenbedingungen zu schaffen und gezielt Hemmnisse für die Substitution von Energie durch Effizienztechnologien abzubauen. In einem eigenständigen Energiekapitel[183] des EG- bzw. künftigen EU-Vertrages sind die EU-weite Forcierung der Energieeffizienz und die Förderung regenerativer Energietechnologien zu verankern. Deutschland sollte sich für eine Beendigung des EURATOM-Vertrages einsetzen.[184] Einzelne Länder müssen durch Vorreiterrollen[185] und vielfältige Experimente die zum Aufbau eines nachhaltigen Energiesystems notwendigen Innovationen erproben und in breitem Maßstab anwendbar machen. Die Erhaltung bzw. Schaffung solcher nationalen Innovationsspielräume ist ein eigenständiges Element europäischer Energiepolitik.

(248) Die Kommission sieht eine aktive Begleitung der EU-Osterweiterung in energie-und klimapolitischer Hinsicht als vordringlichen Bestandteil deutscher EU-Politik. Die Beitrittsländer müssen mit dem Ziel des Aufbaus einer nachhaltigen Energieversorgung rechtlich, politisch-strukturell und technologisch bei der Umsetzung energiepolitischer Maßnahmen sowie bei der Einführung funktionierender Preis- und Abrechnungssysteme unterstützt werden. Ziel sollte auch in den neuen Mitgliedstaaten der Ausstieg aus der Nutzung der Atomenergie sein.

Internationale Politik:

(249) Gegenüber den Entwicklungs-, Schwellen- und Transformationsländern müssen die Industrieländer eine besondere Partnerschaft im Sinne einer Vorbildfunktion und Vorreiterrolle für die Entwicklung und den Aufbau von Zukunftsenergiesystemen entwickeln.

(250) Die nationalen Anstrengungen sind durch einen Finanz-, Technologie- und Know-How-Transfer in Entwicklungs-, Schwellen- und Transformationsländer zu flankieren. Dies dient auch der Erschließung von Exportmärkten. Daher empfiehlt die Enquete-Kommission eine Exportoffensive für regenerative Energie- und Effizienztechnologien in Entwicklungs- und Schwellenländer.[186] Auch im Rahmen der Entwicklungszusammenarbeit und der Projektförderung sollen regenerative Energien und Effizienztechnologien eine größere Rolle spielen.

(251) Eine wichtige Rolle wird in jedem Fall der Zusammenarbeit mit den heutigen und zukünftigen Energielieferländern und -regionen zukommen. Die starke Verflechtung der Welt über die globalen Energiemärkte führt dazu, dass politische Instabilitäten in den Energielieferländern und -regionen erhebliche wirtschaftliche und politische Auswirkungen im globalen Maßstab nach sich ziehen können. Dabei stehen vor allem die Folgen von Preisturbulenzen auf den zunehmend integrierten Weltenergiemärkten und weniger die physische Verknappung von Energierohstoffen im Vordergrund. Die Förderung einer partnerschaftlichen Zusammenarbeit für die Erhaltung der wirtschaftlichen und politischen Stabilität sowie für eine nachhaltige Entwicklung in den Lieferregionen wie auch die Flankierung bei der Bewältigung der wirtschaftlichen und politischen Folgen (z. B. für OPEC-Länder) bei einem weltweiten Übergang auf effizientere und erneuerbare Energiesysteme begründen eine neue außenpolitische Dimension von Energiepolitik.

---

[181] Sondervotum des Abg. Kurt-Dieter Grill: Die sogenannte rechtliche Stärkung kleiner Produzenten und Selbstversorger bedeutet einen weiteren Eingriff in den Energiemarkt, der nicht akzeptabel ist. Eine solche Forderung kann auch nicht aus dem Ziel der Nachhaltigkeit abgeleitet werden.

[182] Sondervotum des Sachverständigen Prof. Dr. Dieter Schmitt: Die Vorstellungen der Mehrheit über einen anzustrebenden Lebensstil der Bevölkerungen werden nicht geteilt. Es wird bezweifelt, dass diese überhaupt realisierbar sind, ohne in die Privatsphäre des einzelnen einzudringen.

[183] Sondervotum des Abg. Dr. Ralf Brauksiepe: Ein eigenständiges Energiekapitel ist ein Verstoß gegen das Subsidiaritätsprinzip und wird daher abgelehnt.

[184] Sondervotum des Sachverständigen Dr. Hans Jörg Henne: Die EU mit Mitgliedstaaten wie Frankreich, Finnland oder zukünftig Tschechien zum Atomausstieg zu drängen, ist absurd. Darüber hinaus hat sich der EURATOM-Vertrag bewährt.

[185] Sondervotum des Abg. Prof. Dr. Paul Laufs: Vorreiterrollen und nationale Innovationsspielräume werden abgelehnt. Sie dienen der Begründung interventionistischer nationaler Alleingänge ohne nennenswerte Erfolge für den globalen Klimaschutz.

[186] Sondervotum des Sachverständigen Prof. Dr. Volker Schindler: Es ist nicht im Interesse der entwickelten Länder, kostenaufwendige Wind- und Photovoltaikanlagen zu exportieren, für die vor Ort auch keine Energiespeicher verfügbar sind.

Sondervoten zu Kapitel 1

Minderheitsvotum des Kommissionsmitglieds der Fraktion der PDS einschließlich des von ihr benannten Sachverständigen Prof. Dr. Jürgen Rochlitz

Das zivilisierte Leben ist derzeit durch sich gegenseitig verstärkende Risikofaktoren gefährdet. Die Notwendigkeit eines Umschwenkens auf ein als „nachhaltig“ bezeichnetes Wirtschaften wird heute inzwischen zumindest theoretisch allgemein erkannt. Die für die Entwicklung von Nachhaltigkeit notwendigen Grundvoraussetzungen bieten dabei gleichzeitig eine ausgezeichnete Basis für die Entwicklung eines Politikmodells, in dem die fortgesetzte Zerstörung der natürlichen Lebensgrundlagen beendet und parallel die sozialen Ungleichheiten abgebaut werden zu Gunsten gleicher sozialer und humaner Lebensbedingungen. In diesem Politikmodell der Nachhaltigkeit soll der Wirtschaft eine unterstützende Rolle zukommen. Deren Institutionen und diejenigen von Staat und Gesellschaft haben sowohl die natürlichen wie auch die sozialen Lebensgrundlagen zu sichern und zu stärken. Auf der Basis dieser Sichtweise von Nachhaltigkeit haben wir ein Grundgesetz der Nachhaltigkeit entworfen.

Wesentliche Elemente dieses Grundgesetzes sind Einschränkungen der sogenannten Freiheit des Marktes zu Gunsten von Arbeitnehmerrechten wie dem Recht auf Arbeit, sowie die Einschränkungen zum Zwecke der Erhaltung von Natur und ihren Bestandteilen.

Auch die Vermeidung von Risiken und Gefahren durch Techniken, die nicht fehlerfrei gestaltet werden können, gehört zu den Essentials dieses Grundgesetzes.

Aus seinen Grundsätzen lassen sich folgende Leitlinien für eine nachhaltige Energiepolitik ableiten; diese wiederum sind Grundlage für ganz konkrete Empfehlungen.

Leitlinien:

Die vielfältigen Möglichkeiten zur Nutzung erneuerbarer Energien müssen auch für nachfolgende Generationen offen gehalten und verbreitert werden. Ihre zunehmende Anwendung, Erforschung und Optimierung ist eine ständige Verpflichtung. Die negativen Begleiterscheinungen der Nutzung von nicht erneuerbaren fossilen Energieträger, wie Emissionen von Schadstoffen und Lärm, sowie Anhäufung von Abfällen mit toxischen Eigenschaften müssen kurzfristig deutlich vermindert werden. Die Nutzung von Fließgewässern mit anschließender Kontaminierung und Aufwärmung muss in der kürzest möglichen Zeit aufgegeben werden.

Atomare Energieträger sind ebenfalls nicht erneuerbar. Wegen der mit ihrer Nutzung verbunden Risiken sind alle atomaren Anlagen schnellstmöglich zu schließen und abzubauen. Die Emissionen von radioaktiven Stoffen und die oberirdische Lagerung hochradioaktiver, hochtoxischer Abfälle von Atomanlagen müssen schnellstens unterbunden werden.

Weiterhin müssen Überlastungen oder gar Zerstörungen von Ökosystemen und Beeinträchtigungen ihrer Fähigkeit zur Regeneration und Anpassung verhindert werden. Unterbunden werden müssen die Beeinträchtigungen der menschlichen Gesundheit durch stoffliche Freisetzungen, durch radioaktive bzw. energetische Strahlung und durch Lärm. Unterbunden werden muss die Schädigung der Umwelt als Ganzes und der natürlichen Biodiversität im Besonderen.

Die Nutzung der nicht erneuerbaren Energieressourcen muss innerhalb einer bis zweier Generationen aufgegeben werden unter Aktivierung sämtlicher Einspar- und Vermeidungspotentiale und unter Nutzung der Anwendungs- und Effizienzpotentiale erneuerbarer Energien.

Kultur- und Naturlandschaften bzw. Landschaftsteile von charakteristischer Eigenheit und Schönheit sind zu erhalten; Landes- und Meeresteile mit geringeren Naturbeeinträchtigungen und Bedeutung für den Erhalt der Artenvielfalt oder für einzelne bedrohte Arten sind zu schonen und für die Nachwelt zu erhalten.

Der Flächenverbrauch für Verkehrs- und Siedlungsentwicklung ist mit allen Mitteln in kürzestmöglicher Zeit auf Null zu reduzieren.

Die bisherige vom motorisierten Individualverkehr (MIV) dominierte Verkehrsstruktur muss grundsätzlich umgebaut werden. Dem öffentlichen Nah- und Fernverkehr, dem Güterverkehr auf der Schiene und dem nicht motorisierten Verkehr muss ein deutlicher politischer und ökonomischer Vorrang eingeräumt werden – zum Schutz von Flächen, Natur, Gesundheit der Menschen, zum Klimaschutz und zur Steigerung der Lebensqualität.

Nutzungen mit großflächigen Eingriffen in Natur und Landschaft sollen vermieden werden. Stattdessen sollten kleinflächige, dezentrale und arbeitsintensive Nutzungen, die ein Höchstmaß an Bedürfnisbefriedigung, Naturschonung und Beschäftigung ermöglichen, das Ziel sein.

Dauerhafte Versorgungssicherheit ist durch die Vielfalt erneuerbarer Energieträger, dezentrale Infrastrukturen und gesellschaftliche Verfügung und Kontrolle über die Verteilungsnetze sicher zu stellen.

Alle Angehörigen der Gesellschaft und insbesondere die unmittelbar Betroffenen nehmen an den Entscheidungen der Energiewirtschaft, bei Projekten der Energieversorgung, der Verkehrsinfrastruktur und bei Eingriffen in Natur und Landschaft gleichberechtigt teil.

Jeder Mensch hat ein Recht auf eine bedarfsorientierte Sicherung seiner Energieversorgung. Die Preisgestaltung für die Endenergien und die energetischen Dienstleistungen müssen sowohl für die Verbraucher als auch für die in der Bereitstellungskette Beschäftigten sozialverträglich sein. Die Sozialisierung sozialer und ökologischer Kosten wird durch den Abbau der Subventionierung von Produktionsprozessen mit fossil-atomaren Energieträgern sowie durch die Besteuerung dieser Prozesse vermieden.

Die ökonomischen Institutionen der Energiewirtschaft haben der Befriedigung der energetischen Bedürfnisse der Gesellschaft zu dienen und dabei die ökologischen und sozialen Grundlagen zu erhalten.

Produktionen zu Lasten nachfolgender Generationen und auf Kosten derzeitiger Beschäftigung sind zu vermeiden. Die Energiewirtschaft hat die Beschäftigung in ihren Betrieben intensiv zu fördern. Sowohl monopolistische Bestrebungen, wie auch überregionale Marktmacht sind zu verhindern.

Internationale Kooperationen und Regelungen haben zu erfolgen bei

– der Verhinderung von geopolitischen Zuspitzungen um Ressourcen,
– der Organisation gewaltfreier, ziviler Institutionen zum Schutz von Ressourcen und der Verteilungsgerechtigkeit von Ressourcen,
– dem Abbau der militärischen Potentiale und Potenzen (z. B. zur hegemonialen Sicherung von Ressourcen),
– den gemeinsamen Anstrengungen zur Minderung des Ressourcenverbrauchs,
– den gemeinsamen Anstrengungen zur Minderung der Emissionen von Treibhausgasen,
– den gemeinsamen Anstrengungen zur Minderung der negativen Begleiterscheinungen der Nutzung der nichterneuerbaren Energieträger (Schadstoffemissionen, Natureingriffe),
– den gemeinsamen Anstrengungen zum Schutz vor Radioaktivität bei Emissionen und Abfällen,
– den gemeinsamen Anstrengungen zum Schutz der Wälder,
– den gemeinsamen Anstrengungen zum Schutz der natürlichen Biodiversität und von bedrohten Arten.
– den gemeinsamen Anstrengungen zum vollständigen Schuldenabbau bei den Entwicklungsländern.
– den Anstrengungen aller Länder, ihre Entwicklungshilfe aufzustocken und den Entwicklungsländern die nötigen technischen Hilfen zukommen zu lassen.

Bei Beachtung und Umsetzung dieser Leitlinien wird nach einer Übergangszeit ein nachhaltiger Entwicklungspfad erreicht, der uns von der derzeit dominierenden Produktions- und Lebensweise wegführt. Sie führen uns zu einem erfüllten Leben mit mehr Gestaltungsmöglichkeiten und Optionen durch soziale Sicherheit, zu geschlossenen und schlankeren Stoffkreisläufen, ohne die Freisetzung unerwünschter Schadstoffe, zu Energieverbräuchen, die weder eine Belastung für das Klima noch für Natur und Umwelt darstellen, zur Wiedergewinnung von Freiflächen (durch Entsiegelung), zu einem Leben ohne Mobilitätszwänge.

Dieses Leben in Nachhaltigkeit wird einerseits gekennzeichnet sein durch sparsamen und sinnvollen Rohstoff- und Energieeinsatz. Andererseits existiert eine ausreichende Bandbreite erneuerbarer Energien zur Sicherung der Energieversorgung. Diese Mischung aus Sparsamkeit und Zurückhaltung einerseits, Reichhaltigkeit und Vielgestaltigkeit andererseits durchzieht die gesamte nachhaltige Gesellschaft. Durch die bewusste Gestaltung der gesellschaftlichen Naturverhältnisse[187] kann sich ein Reichtum von Lebensmöglichkeiten und Ideen entwickeln.

Internationale Rahmenbedingungen

Weder in Deutschland noch weltweit befinden wir uns auf einem Weg der Nachhaltigkeit, ganz im Gegenteil. Der Prozess der Globalisierung hat zu massiven Fehlsteuerungen geführt, weil die auf Nachhaltigkeit hin orientierten Rahmenbedingungen und ein global zu beachtendes Grundgesetz der Nachhaltigkeit fehlt. Als Folge erleben wir einen unkoordinierten Wachstumsprozess mit zunehmenden sozialen Spannungen in allen Ländern, einen immer stärkeren Druck auf ökonomisch Schwächere und eine sich immer noch steigernde extreme Belastung der globalen ökologischen Systeme. Die entscheidenden Fragen einer nachhaltigen Entwicklung sind daher: wie lässt sich die weltweite Zerstörung der Ökosysteme drosseln und wie lässt sich die weltweite Armut überwinden, die zunehmende Apartheid von Arm und Reich stoppen? Für die Welt als Ganzes liegt der sogenannte Equity-Faktor (Niedrigstes Einkommen bezogen auf das Durchschnittseinkommen) bei 12,5 Prozent, in den entwickelten Ländern zwischen 50 % und 70 %.[188] Dieser nichtnachhaltige Zustand ist weder friedens- noch zukunftsfähig. Er ist schließlich Hauptursache für die weltweite Verbitterung über die reichen und entwickelten Länder.

Andererseits spielt die seit dem Zusammenbruch der Sowjetunion und ihrer Bundesgenossen einzige verbliebene „Supermacht“ eine Sonderrolle. Ihre sozial stärker unausgewogenen Ökonomie erlaubt der USA ein etwas höheres Wachstum als z. B. in Europa. Um den Preis höherer sozialer Spannungen und großer sozialer Ungleichheit erlaubt sich die USA einen gigantischen Militärhaushalt, ständige militärische Präsenz an den wichtigsten Verkehrsadern und den bedeutendsten Vorkommen von fossilen Energieträgern. Mit dieser Politik der Hegemonie wird der auf einem unverantwortlich hohen Verbrauch fossiler Ressourcen beruhende amerikanische Lebensstil verteidigt. In diesem Kontext sind auch die verschiedenen Verweigerungen zu internationaler Zusammenarbeit vom Kioto-Protokoll bis zum internationalen Gerichtshof zu verstehen.

Zur Korrektur dieser internationalen Rahmenbedingungen werden die folgenden Essentials vorgeschlagen:

Ohne eine Global Governance auf der Basis materieller Gleichheit und gleichberechtigter Entscheidungen werden die schon begonnenen kriegerischen Auseinandersetzungen um Ressourcen von Energieträgern und anderen Rohstoffen nicht beendet. Eine solche Form einer wirklichen Global Governance – und eben nicht Global

[187] Görg, Christoph 1999: Gesellschaftliche Naturverhältnisse. Münster: Westfälisches Dampfboot. Jahn, Thomas 1991: Das Problemverständnis sozial-ökologischer Forschung, in E. Becker (Hg.): Jahrbuch für sozial-ökologische Forschung 1. Frankfurt/Main.

[188] F. J. Radermacher et al. Bild der Wissenschaft 4/2002

Government – setzt die Überwindung der sich abzeichnenden monopolaren Beherrschung der Welt durch eine Supermacht voraus. Allein schon zur Vermeidung von Kriegen um Ressourcen und damit auch verbundenen Versorgungsunsicherheiten sollte die Weltgemeinschaft auf die regionale und örtliche Versorgung mit erneuerbaren Energien setzen.

Ohne Einsparung von Energie in allen Verwendungssektoren durch technische Maßnahmen **und durch Verhaltensänderungen,** ohne eine breitgefächerte Steigerung der Energieeffizienz auf allen Ebenen der Bereitstellung und Nutzung und ohne auf breiter Front stattfindenden Einsatz erneuerbarer Energieträger wird es nicht gelingen, die Konzentration der Treibhausgase in der Atmosphäre auf einem Niveau zu stabilisieren, das keine weiteren, möglicherweise katastrophalen Folgen des Klimawandels nach sich zieht.

Ohne einen schnellstmöglichen weltweiten Verzicht auf Atomenergie ist ein nachhaltiger Entwicklungspfad nicht erreichbar, da mit ihrem weiteren Einsatz erhebliche Sicherheitsrisiken des Normalbetriebs insbesondere durch Freisetzung von Radioaktivität und durch die Lagerung und endgültige Deponierung der hoch- und mittelradioaktiven Abfallstoffe verbunden sind. Zudem ist mit dem Betrieb von Atomanlagen immer das Risiko der unkontrollierten Produktion von Atomwaffen gegeben.

Ohne den weltweiten Abbau der Arbeitslosigkeit, ohne den Abbau von Armut sowohl in den Industrie- als auch in den Entwicklungsländern kann von einer nachhaltigen Entwicklung keinesfalls gesprochen werden.

Ohne einen Schuldenerlass für die Entwicklungsländer, ohne ausreichende technische und finanzielle Hilfe für sie – auch zum Aufbau eines dem jeweiligen Land angepassten Energieversorgungssystems – sind wesentliche Bedingungen von Nachhaltigkeit nicht erfüllt.

Die Einstellung des maßlosen Verbrauchs von Naturgütern und von Fläche, die Einstellung der Zerstörung von Biomen und Ökosystemen sowie des Raubbaus in ihnen muss sofort in Angriff genommen werden.

Schließlich bedarf die maßlose Mobilität im Flug- und Kfz-Verkehr einer deutlichen Korrektur in Richtung vermehrter Nutzung des öffentlichen Verkehrs, vor allem auf der Schiene, und des Umweltverbunds.

Grundlage der nachhaltigen Entwicklung ist eine umfassende Transformation des ökonomischen Systems, um den derzeitigen Pfad gnadenloser Konkurrenz in einem angeblichen freien Markt, verbunden mit einer zunehmenden Spaltung der Gesellschaften in Gewinner und Verlierer, in Reich und Arm, in Privilegierte und Nichtprivilegierte, zu verlassen.

Unsere meist grundsätzlich abweichenden Vorstellungen von Nachhaltigkeit, konsequentem Klimaschutz und daraus folgenden detaillierten Politikansätzen haben wir in einer Reihe von Sondervoten zum Ausdruck gebracht, die hier kurz erläutert werden sollen:

Auflistung der Sondervoten der PDS und ihres Sachverständigen

Zu den folgenden Teilen des Endberichtes sind von der Abgeordneten des Deutschen Bundestages, Eva Bulling-Schröter, und dem Sachverständigen Prof. Jürgen Rochlitz folgende Sondervoten erarbeitet worden:

Kapitel 1:	Zusammenfassung
Kapitel 2:	Ziele für ein nachhaltiges Energiesystem
Kapitel 3:	Geopolitische, internationale und europäische Entwicklungstrends
Abschnitt	4.3.4 Verkehr
Abschnitt	4.3.6 Erneuerbare Energien
Abschnitt	4.3.9 Von Verhalten und Lebensstil abhängige Potenziale einer nachhaltigen Energienutzung
Kapitel 5	Zielszenarien für Deutschland
Abschnitt 6.1	Strategien
Kapitel 7	Handlungsempfehlungen

Begründung der Sondervoten und wesentliche Differenzen zum Entwurf von SPD und Bündnis 90/Die Grünen

Kapitel 1 Zusammenfassung

Auf der Basis von Annahmen der CDU/CSU und der FDP wurde ein Szenario „Fossil-nuklearer Energiemix“ erstellt. In diesen Annahmen ist sowohl die CO_2-Abscheidung und Deponierung als auch der Bau neuer Atomkraftwerke ab dem Jahr 2010 vorgesehen. Wie wir in unseren Sondervoten darlegen, halten wir die Nutzung von Atomkraftwerken für nicht nachhaltig. Daher können wir auch die Annahme von CDU/CSU und FDP nicht teilen, dass der Bau und Betrieb von Atomkraftwerken einen Beitrag zum Klimaschutz darstellt. Auf Grund der von diesen Parteien getroffenen Annahmen errechnet das IER bis 2050 einen Neubau von 60 Atomkraftwerken und das Wuppertal-Institut von 52. Wir wollen diesen Parteien nicht unterstellen, dass sie den Neubau von Atomkraftwerken in diesem Umfang befürworten. Allerdings lassen die Vorgaben für dieses Szenario keinen anderen Schluss zu.

Von der PDS wurden Annahmen für eine Variante „Schneller Atomausstieg“ zusammengestellt, welche einen kurzfristigen Ausstieg bis 2005 vorsieht. Die Ergebnisse zeigen die Möglichkeit eines solchen notwendigen schnellen Ausstieges.

Kapitel 2 Ziele für ein nachhaltiges Energiesystem

Nach dem Verständnis der anderen Fraktionen bezieht sich nachhaltige Entwicklung auf die ökologische, soziale und ökonomische Dimension. Nach Auffassung von rot-grün sollen die drei bisherigen Ziele der Energiepolitik, wie sie im Energiewirtschaftsgesetz formuliert sind, nämlich Kostengünstigkeit, Sicherheit und Umweltverträg-

lichkeit durch die drei weiteren Ziele soziale Verträglichkeit, langfristige Ressourcenschonung und Klimaschutz ergänzt werden.

Wir haben in unserem Sondervotum den Nachhaltigkeitsansatz um die institutionelle Dimension erweitert. Diese Erweiterung ist wegen der Bedeutung der, Neugestaltung bzw. -schaffung von sozialen Institutionen, die zur Verwirklichung einer nachhaltigen Entwicklung unverzichtbar sind, notwendig.

Aus unserer Sicht ist die notwendige wirkliche Nachhaltigkeit nur bei einer fundamentalen Umgestaltung der bestehenden Gesellschaft zu erreichen. Daher wurde von uns ein **Grundgesetz der Nachhaltigkeit** formuliert, welches für die vier Dimensionen ökonomisch, ökologisch, soziokulturell und institutionell entsprechende Artikel enthält. Daraus werden Leitlinien für eine nachhaltige Energieversorgung und konkrete Ziele für eine solche Energiepolitik abgeleitet. Zu den konkreten Zielen gehört

– die Beendigung der Nutzung nicht erneuerbarer Energieträger bis 2050
– die vollständige Umstellung des Energiesystems auf erneuerbare Energien bis 2050
– die Beendigung der oberirdischen Lagerung von radioaktiven Abfällen bis 2050
– das Erreichen eines Gleichgewichts zwischen Bedarf und Entsiegelung beim Flächenverbrauch bis 2030,
– die gesellschaftliche Verfügung und Kontrolle über die Verteilungsnetze der Energie
– die Aufstockung der Entwicklungshilfe bis 2005 auf 0,7 % des BIP

Kapitel 3 Geopolitische, internationale und europäische Entwicklungstrends

Der Entwurf von rot-grün beschränkt sich bei der Analyse globaler Entwicklungstrends, die den globalen Energieverbrauch beeinflussen, auf das Wachstum der Weltbevölkerung und auf wirtschaftliches Wachstum.

Bei der Untersuchung der politischen Rahmenbedingungen wird die Entstehung einer multipolaren Welt angenommen und die Einrichtung auf zukünftige Kriege empfohlen: man könne nicht darauf hoffen, „dass die vielfältigen und teilweise tiefgehenden Konflikte dieser Welt ohne Rückgriff auf Gewalt ausgetragen werden.“

Die gegenwärtige Entwicklung wird als „exklusive Globalisierung“ beschrieben, welche im Rahmen einer Global Governance zu einer „inklusiven Globalisierung“ umgestaltet werden soll. Dieses Modell wird allerdings nicht näher erläutert, bleibt also vollkommen inhaltsleer.

Das Kapitel endet mit einer ausführlichen Analyse verschiedener globaler Energieszenarien und der Analyse der Europäischen Energiepolitik.

In unserem Sondervotum versuchen wir, andere Akzente bei der Beschreibung von Entwicklungstrends und der gegenwärtigen geopolitischen Lage zu setzen. Die folgenden Thesen sollen die einzelnen Abschnitte zusammenfassen:

1) Die steigende Verschuldung der öffentlichen Haushalte ist auf einen neoliberalen Politikansatz zurückzuführen.
2) Die Massenarbeitslosigkeit steigt weltweit. Es gibt aber nationale Handlungsspielräume, um diesen Trend umzukehren.
3) Die dominierende Verkehrspolitik ist verfehlt, weil sie auf die Förderung des motorisierten Individualverkehrs und des Flugverkehrs setzt.
4) Die derzeitige Geopolitik ist vor allem Militärpolitik.
5) Der militärisch-industrielle Komplex, die Nichteinhaltung des 0,7 % Ziels, die Verschuldung und die internationalen Finanzinstitutionen verhindern eine wirksame Entwicklungshilfe.
6) Die Medien halten die Menschen in Ahnungslosigkeit, und die Gier nach Geld und Macht verhindert eine Demokratisierung.
7) Die UNO-Umweltorganisation UNEP sollte mit WTO und IWF gleichberechtigt sein und alle drei durch eine zu schaffende World Sustainability Organisation (WSO) gesteuert werden.
8) Auch in der EU verhindern bisher Konzerne eine soziale und ökologische Nachhaltigkeit. Die EU wird aber auch als Chance beschrieben, auf supranationaler Ebene entsprechende Rahmenbedingungen zu schaffen.

Abschnitt 4.3.4 Verkehr

Die gegenwärtig vorliegende Einschätzung des Potenzials für Energieeinsparung und Veränderungen der Anteile der Treibstoffe bezieht sich fast ausschließlich auf technische Aspekte von Kraftfahrzeugen. Bisher war auch die CDU mit ihrem Sachverständigen Prof. Schindler als Berichterstatter an der Erarbeitung dieses Kapitels beteiligt. Allerdings wurde von CDU/CSU/FDP kurzfristig ein Sondervotum zu diesem Teil angekündigt.

Wir halten die Einschränkung der Problemanalyse auf die technische Seite des Verkehrs für eindimensional und stellen daher verschiedene wichtige Ansätze für eine alternative Verkehrspolitik vor.

Die vier von uns beschriebenen Handlungsbereiche sind der öffentliche Verkehr, der nichtmotorisierte Verkehr, Güter- und Flugverkehr. Abgeschlossen wird das Sondervotum mit einem übergreifenden Teil zum Verkehrslärm.

Zur Förderung des öffentlichen Verkehrs werden verschiedene Maßnahmen zum Ausbau und zur Reaktivierung des Schienennetzes vorgeschlagen, um zu einer Flächenbahn zu kommen. Gleichzeitig sollen restriktive Maßnahmen, wie Tempolimit 130 km/h auf Autobahnen, den motorisierten Individualverkehr einschränken.

Der nichtmotorisierte Verkehr wird wegen seiner besonderen Nachhaltigkeit herausgehoben und in einem kurzen

Exkurs werden die gender-spezifischen Mobilitätsmuster erläutert. Daraus wird der Schluss gezogen, dass die Förderung des nichtmotorisierten Verkehrs besonders den Interessen von Frauen entspricht, aber auch Kindern, Behinderten und alten Menschen zugute kommt. Für die beiden Schwerpunktbereiche Gehen und Fahrradfahren werden notwendige Maßnahmen erläutert.

Im Bereich Güterverkehr plädieren wir für ein konsequentes Umsteuern von der Straße auf die Schiene. Auch hier werden Maßnahmen zugunsten des Schienennetzes mit restriktiven Maßnahmen gegenüber dem Lkw-Verkehr, wie die Einführung der Schwerverkehrsabgabe, kombiniert.

Beim Flugverkehr ist das Ziel, Personentransporte auf die Schiene zu verlagern. Insbesondere Inlandsflüge bis zu einer Entfernung von ca. 500 km sollen auf die Schiene verlagert werden.

Dem Verkehrslärm wurde ein eigener Teil gewidmet, weil sich mehr als die Hälfte der Bevölkerung von Lärm belästigt fühlt. Wir plädieren mit fallender Priorität für Verkehrsvermeidung, -verlagerung zum Umweltverbund, für technische, planerische und Maßnahmen zur Sanierung.

Abschnitt 4.3.6 Erneuerbare Energieträger im Strom- und Wärmemarkt

Das von von SPD und Bündnis 90/Die Grünen ausgearbeitete Kapitel behandelt ausführlich die Nutzungsmöglichkeiten, Potenziale und Kosten der verschiedenen erneuerbaren Energieträger.

Die Ausführungen von rot-grün zu diesem Thema teilen wir weitgehend. Es handelt sich allerdings vor allem um eine Einschätzung des Potenzials erneuerbarer Energieträger. In unserem Sondervotum geben wir politische Handlungsempfehlungen zur Nutzung dieses Potenzials. Es ist daher als Ergänzung des Endberichtes zu verstehen.

Wir halten den Übergang zu einem vollständig auf erneuerbaren Energieträgern beruhenden Energiesystem bis 2050 für notwendig und möglich. Die Vorteile erneuerbarer Energien werden aufgelistet und als Ziel der Reform des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes eine kostendeckende Vergütung für alle erneuerbaren Energien ohne Mengenbegrenzung angegeben. Als Mittel zur Überwindung von Wissenslücken hinsichtlich der Nutzungs- und Realisierungsmöglichkeiten erneuerbarer Energien wird eine Solaroffensive empfohlen. Im Wärmebereich sprechen wir uns vor allem für die Nutzung von Solararchitektur und für Mindeststandards zur Nutzung regenerativer Energien aus. Abschließend werden Empfehlungen für die Veränderung der Entwicklungspolitik gegeben. Ziel soll der Aufbau dezentraler Energiesysteme auf der Basis regenerativer Energien im ländlichen Raum sein.

Abschnitt 4.3.9 Von Verhalten und Lebensstil abhängige Potenziale einer nachhaltigen Energienutzung

In diesem Kapital geht es um das Nutzungsverhalten von energieverbrauchenden Gütern und Dienstleistungen. Es werden unterschiedliche Einflussfaktoren für menschliches Verhalten skizziert und die Möglichkeiten zur Beeinflussung des Nutzerverhaltens dargestellt.

In unserem Sondervotum betonen wir die wichtige Bedeutung einer Suffizienz-Strategie, d. h. der Einsparung von Ressourcen durch die Veränderung von Verbrauchs- und Produktionsmustern. Wir zitieren aus dem Kapitel 4 der Agenda 21, in welchem die Bedeutung der Veränderung der Konsumgewohnheiten betont wird. Hervorgehoben wird die Vorbildfunktion bekannter Persönlichkeiten. Zum Erreichen von Verhaltensänderungen werden preisgünstige Angebote, die Kombination von Ver- und Geboten sowie die Rolle von Information und Bildung beschrieben. Aufgabe der Bildung soll es sein, ein Nachhaltigkeitsbewusstsein zu entwickeln, das wir folgendermaßen definieren:

Einsicht in die Gefährdung der natürlichen Lebensbedingungen des Menschen und seiner sozialen Grundlagen durch ihn selbst und durch eine auf Ungleichheit zielende Ökonomie – mit der Bereitschaft, für Abhilfe zu sorgen.

Kapitel 5 Szenarienmodelle

Die Szenarien beschreiben – wie von der Kommission vorgegeben – Pfade zur achtzigprozentigen Minderung der Treibhausgasemissionen bis 2050. Zur Erreichung dieses Ziels bzw. zu dessen Unterbietung ist sowohl eine solare Vollversorgung als auch ein besonders schneller Atomausstieg möglich. Doch sind die beschriebenen Pfade in anderen Aspekten alles andere als nachhaltig. Besonders gravierendes Defizit dieser Reduktionspfade ist ihre mangelnde Aussagekraft zur Beschäftigungslage und zu den sozialen Verhältnissen. Die Szenarien unter Einschluss der Nutzung der Atomenergie können nicht als nachhaltig bezeichnet werden.

Unterkapitel 6.1 Strategien

Im vorgelegten Entwurf entwickelt Rot-Grün Strategien für eine nachhaltige Energiewirtschaft. Unter Strategien verstehen sie „langfristig angelegte Handlungsentwürfe“.

Um den Anforderungen der Klimaschutzpolitik gerecht zu werden, ist nach ihrer Auffassung „eine grundlegende Transformation des Energiesystems“ notwendig.

Als unbeeinflussbare Rahmenbedingungen werden Globalisierung und Liberalisierung mit einigen Chancen und Risiken beschrieben.

Dem Staat wird die Aufgabe zugewiesen Wettbewerb zu ermöglichen, externe Effekte zu internalisieren, energiepolitische Ziele zu formulieren sowie die Marktergebnisse zu evaluieren und in Richtung Klima- und Ressourcenschutz zu korrigieren. Im Dienste der Umwelt und zur Erreichung sozialer Ziele soll re-reguliert werden.

Als Orientierungshilfe sollen no-regret-Optionen, d. h. die gleichzeitige Einsparung von CO_2 und Geld, dienen.

In unserem Sondervotum betonen wir die weitergehende Notwendigkeit einer Transformation des politisch-ökonomischen Systems. Es wird kritisiert, dass die gegenwärti-

gen Formen der Globalisierung und Liberalisierung Nachhaltigkeit verhindern. Zur institutionellen Absicherung wird das **Grundgesetz der Nachhaltigkeit** (s.o.) empfohlen. Abschließend sind elf wichtige Komponenten für eine Nachhaltigkeitsstrategie im Energiebereich aufgelistet. Diese enthält neben der Festlegung auf die langfristigen Klimaschutzziele zur Reduktion von Treibhausgasen (– 50 Prozent bis 2030 und – 80 Prozent bis 2050) einen Beschäftigungspakt für Vollbeschäftigung bis 2030, den schnellstmöglichen Ausstieg aus der Atomenergie und die Steigerung des Anteils regenerativer Energien am Primärenergieverbrauch bis 2030 auf 30 Prozent und im Strombereich auf 50 Prozent und eine Veränderung der Mobilität hin zur überwiegenden Nutzung des Schienenverkehrs für Personen wie auch für Güter.

Kapitel 7 Handlungsempfehlungen

In den von den Regierungsfraktionen zusammengestellten Handlungsempfehlungen streben sie als Langfristziel ein nachhaltiges Energiesystem für das Jahr 2050 an. Im Prozess der Liberalisierung von Energiemärkten werden Chancen zur Umstrukturierung des Energiesystems gesehen. Allerdings seien „effektive staatliche Regulierungsmaßnahmen“ notwendig. Es wird die besondere Bedeutung nationaler Vorreiterrollen betont.

Als wichtige strategische Ansätze und Instrumente werden genannt:

- die Verpflichtung auf mittel- und langfristige ambitionierte Klimaschutzziele
- die Gewährleistung von Wettbewerb im Liberalisierungsprozess
- die Dezentralisierung der Versorgungsstruktur
- eine Investitionsoffensive für umweltfreundliche Technologien (Kraft-Wärme-Kopplung und erneuerbare Energien)
- die Stärkung der Energieeffizienz und die Schaffung von Wettbewerb um Energiedienstleistungen
- die Beendigung des Euratom-Vertrages und sein Ersatz durch ein Energie-Kapitel
- Ausstieg aus der Atomenergie in Osteuropa
- Technologietransfer zur Erschließung von Exportmärkten

In unserem Sondervotum wird das Ziel eines nachhaltigen Energiesystems dahingehend präzisiert, dass wir bis 2050 eine vollständige Energieversorgung mit erneuerbaren Energien fordern. Aus unserer Sicht führt die Liberalisierung der Energiemärkte zu weniger Nachhaltigkeit und mehr sozialer Ungleichheit. Wir beschreiben als Aufgaben des Staates die Ausweitung der demokratischen Mitentscheidungsmöglichkeiten, die Berücksichtigung volkswirtschaftlicher Interessen und die demokratische Durchsetzung langfristiger Ziele des Gemeinwohls.

Die Entwicklung einer nachhaltigen Energiepolitik auf EU-Ebene wird von uns unterstützt, aber gleichzeitig mit der Forderung nach weiterer Demokratisierung der EU-Institutionen verbunden.

In der Zusammenarbeit mit Entwicklungs-, Schwellen- und Transformationsländern betonen wir die Notwendigkeit einer gleichberechtigten Partnerschaft und von technischen sowie finanziellen Transfers.

Wir sehen als strategische Ansätze und Instrumente:

- die Öffentlichkeits- und Bildungsarbeit
- die Verpflichtung auf ambitionierte Ziele (neben Reduzierung von Treibhausgasen, Schaffung von Vollbeschäftigung, solare Vollversorgung bis 2050 und Umstrukturierung des Verkehrs zu Gunsten von Schiene, öffentlichem und nichtmotorisierten Verkehr)
- Regulierung und Korrektur der Liberalisierung (Netzzugangs-VO und Regulierungsbehörde)
- Dezentralisierung der Versorgungsstrukturen
- Investitionsoffensive für umweltfreundliche Technologien (Vorrang von regenerativen Energien gegenüber KWK-Anlagen auf fossiler Basis)
- Energieeffizienz und Energiedienstleistungen (Primärenergiesteuer, Finanzreform, Fond für Kampagnen, Entwicklung Infrastruktur für nachhaltige Energieversorgung und Verkehr, Wärmeschutz im Gebäudebestand, Klimaschutzgesetz mit u. a. einer Technischen Anleitung Energie zur Einsparung von Energie in allen Sektoren)
- die Aktivierung von Verhaltenspotenzialen mit Hilfe von Kampagnen und einer Bildungsoffensive zu Gunsten eines neu zu begründenden Nachhaltigkeitsbewusstseins.

Sondervotum des Sachverständigen Prof. Dr.-Ing. Alfred Voß zu Kapitel 1.5

Die hier als Schlussfolgerung aus den Szenarioanalysen getroffene Feststellung „Es lassen sich jenseits aller Unsicherheit und politischer Maßnahmen drei robuste Trends ausmachen, die allen Szenarien gemeinsam sind: Regenerative Energien, rationelle Energieanwendung und ein neuer Sekundärenergieträger werden in Zukunft eine wichtige Rolle spielen“ steht in keinerlei Bezug zu den Szenarioergebnissen und wird durch diese nicht untermauert.

Die aus den Szenarioanalysen abzuleitenden robusten Erkenntnisse und Orientierungen für die Ausgestaltung einer nachhaltigen Energieversorgung in Deutschland lauten vielmehr wie folgt:

- Mit den aus heutiger Sicht verfügbaren Optionen zur Energiebereitstellung sowie den technischen Möglichkeiten zur Energieeffizienzsteigerung und Energieeinsparung lassen sich in den nächsten Jahrzehnten auch bei einer Verdopplung des Bruttoinlandsproduktes sehr weitgehende Minderungen der energiebedingten Treibhausgasemissionen erreichen.
- Die Kosten und gesamtwirtschaftliche Belastungen des Treibhausgasminderung hängen entscheidend

davon ab, welche Maßnahmen und Wege zur Treibhausgasminderung im Energiebereich ergriffen bzw. beschritten werden. Die Mehr- bzw. Minderbelastungen einer 80 % -igen Treibhausgasminderung in den nächsten fünf Jahrzehnten bewegen sich dabei in einer Größenordnung von bis zu 1 500 Mrd. $Euro_{98}$.

– Effizienzsteigerungen in allen Bereichen der Energieanwendung aber auch bei der Energiebereitstellung und die Nutzung der Kernenergie sind die wichtigsten Optionen für eine kosteneffiziente Minderung der Treibhausgasemissionen.

– Techniken zur Nutzung neuer erneuerbarer Energien werden auch bei Unterstellung erheblicher kostensenkender Entwicklungsfortschritte erst in einigen Jahrzehnten einen größeren Beitrag zu einer wirtschaftlichen und klimaverträglichen Energieversorgung leisten können. Eine frühere forcierte Nutzung regenerativer Energien führt zu erheblichen Mehrbelastungen der Volkswirtschaft durch höhere Energiekosten im Kontext der Erreichung ökologischer Nachhaltigkeitsziele.

– Der in allen Szenarien wachsende Anteil von Strom und Fernwärme am Endenergieverbrauch ist ein robuster Hinweis dafür, dass eine Ausweitung der Nutzung dieser Endenergieträger ein wesentliches Element eines effizienten Weges zur Minderung energiebedingter Treibhausgasemissionen darstellt. Wasserstoff als Energieträger erlangt diesbezüglich nur eine untergeordnete Bedeutung.

– Eine konsequente Ausschöpfung aller „No-Regret“[189]-Maßnahmen zur Minderung von energiebedingten Treibhausgasemissionen, ermöglicht nach derzeitigem Kenntnisstand die Realisierung sehr weitgehender Klimaschutzziele. Damit ließe sich auch ein Konflikt zwischen den ökologischen und ökonomischen Zielen einer nachhaltigen Energieversorgung vermeiden.

Ein Verzicht auf eine konsequente Nutzung der „No-Regret“-Maßnahmen, zu denen auch die Kernenergie zählt, würde zu erheblichen Belastungen der Volkswirtschaft und der Bürger führen, die mit den ökonomischen und sozialen Zielen von Nachhaltigkeit nicht vereinbar wären.

Allein die energieseitigen Mehrkosten im Szenario REG/REN-Offensive belaufen sich bis 2050 auf rd. 1 340 Mrd. $Euro_{98}$, gegenüber einer kosteneffizienten Strategie zur Erreichung der gleichen Treibhausgasminderungen. Dies entspräche zusätzlichen Kostenbelastungen von 2025 $Euro_{98}$/Jahr für jeden Haushalt im Jahr 2050. Diese Größenordnung der Zusatzbelastungen gilt auch, wenn man die externen Kosten in die Bilanz mit einbezieht.

[189] Unter „No-Regret“ Maßnahmen sind Maßnahmen zu verstehen, die zu einer Minderung von CO_2-Emissionen führen, ohne die Kosten der Bereitstellung von Energiedienstleistungen zu erhöhen.

2 Ziele für ein nachhaltiges Energiesystem[1, 2]

(253) Die im Ersten Bericht dargelegten nationalen und globalen Rahmenbedingungen sind für die Energie-, Umwelt- und Klimapolitik auf nationaler, EU- und internationaler Ebene eine große Herausforderung; die Zielkonflikte sind oder erscheinen in vieler Hinsicht gravierend und dürften sich nicht auf einfachem Wege und auch nicht in kurzer Zeit lösen lassen.

(254) Dieses Jahrhundert wird hinsichtlich der Entwicklung des Energiesystems von folgenden wesentlichen Faktoren geprägt werden:

– Die Weltbevölkerung wird erheblich und in regional stark unterschiedlichem Maße wachsen; entsprechend wird auch der Bedarf an Energiedienstleistungen weltweit zunehmen.

– Gegenwärtig ist der Grad an Industrialisierung und Motorisierung weltweit sehr verschieden. Künftig ist eine nachholende Entwicklung der Entwicklungs- und Schwellenländer und ein Anpassungsdrang an den westlichen Lebensstil zu erwarten.

– Bei der Entwicklung des Weltmarktes an fossilen Energieträgern sind zwei wesentliche Trends zu erwarten: Die Erdölförderung wird sich wieder stärker auf politisch instabile Regionen wie den Nahen Osten konzentrieren und das weltweite Erdöl-Förderungsmaximum wird in den kommenden Jahrzehnten überschritten werden. Auf Dauer werden wenige Anbieter den Markt beherrschen. Auf der anderen Seite wird sich das Erdgasangebot in Europa aus noch nicht erschlossenen Vorkommen auf dem eurasischen Kontinent und Afrika erweitern.

– Die Konzentration an Treibhausgasen in der Atmosphäre wird weiter ansteigen.

(255) In diesem Jahrhundert werden für diese Herausforderungen angemessen weitreichende technische, organisatorische und politische Lösungen gefunden werden müssen.

(256) Der Übergang des heutigen in ein nachhaltiges Energiesystem erfordert eine konsistente Zielbeschreibung. Aufgabe dieses Kapitels ist es, derartige Ziele zu skizzieren, an denen die Arbeit der Kommission sich orientiert.

[1] Minderheitsvotum der Kommissionsmitglieder von CDU/CSU und FDP: Wegen grundlegender inhaltlicher Differenzen bei den Zielen – z. B. die Abkehr der Mehrheit von der Gleichrangigkeit der drei Dimensionen der Nachhaltigkeit – können die Kommissionsmitglieder von CDU/CSU und FDP dieses Kapitel inhaltlich im Ganzen nicht mittragen – vgl. hierzu Minderheitsvotum insbesondere Kapitel 2.

[2] Minderheitsvotum des Kommissionsmitglieds der Fraktion der PDS einschließlich des von ihr benannten Sachverständigen Prof. Dr. Jürgen Rochlitz zu Kapitel 2 siehe am Ende des Kapitels.

2.1 Die drei Dimensionen der nachhaltigen Entwicklung

(257) Die Enquete-Kommission ist bereits in ihrem Ersten Bericht davon ausgegangen, dass das Leitbild „nachhaltig zukunftsfähige Entwicklung“ drei Dimensionen umfasst: die schonende Nutzung und Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen (Life-Support-Systeme) sowie die soziale und wirtschaftliche Entwicklung. Entsprechend sollen ökologische, soziale und ökonomische Ziele formuliert und möglichst weitgehend in Einklang gebracht werden. Mögliche Konflikte im Zieldreieck sollten vollständig erfasst und wenn möglich Hinweise zu Lösungen gegeben werden. Weil Nachhaltigkeit letztlich wegen der zunehmenden Globalisierung und des globalen anthropogenen Klimawandels nur global definierbar und langfristig zu realisieren ist, sind neben nationalen auch globale Ziele der nachhaltigen Entwicklung der Energieanwendung mit zu berücksichtigen („Global denken und lokal handeln“).

(258) Die heute weltweit dominierenden Produktions- und Konsumstile bringen zentrale Umweltprobleme mit sich: Zum einen ist dies die Stofffreisetzung in die Umwelt durch nicht geschlossene Stoffkreisläufe und zum anderen sind dies die mit den Produktions- und Konsumstilen verbundenen hohen Energieverbräuche und Flächeninanspruchnahmen.

(259) Im Gegensatz zu reproduzierbaren ökonomischen Systemen und zur prinzipiell möglichen dauerhaften Etablierung stabiler sozialer Entwicklungsformen („entwicklungsfähige Kohärenz“) lassen sich für Ökosysteme und die Atmosphäre objektivierbare Naturschranken feststellen, die menschliche Aktivitäten prinzipiell limitieren. Mit der bildhaften Metapher einer „Naturschranke“ ist gemeint, dass die Natur den anthropogen verursachten Eingriffen in natürliche Kreisläufe Grenzen setzt, die nur unter Inkaufnahme von für Mensch und Gesellschaft inakzeptablen Risiken überschritten werden können. „Naturschranken“ bilden jedoch keine starren Grenzen, sie können eher in Bandbreiten als mit eindeutig definierten Grenzwerten bestimmt werden. Sie unterliegen je nach Dauer und Dimension des anthropogenen Eingriffs in spezifische Ökosysteme einer besonderen Dynamik und unterschiedlichen Eintrittswahrscheinlichkeiten. So sind ein abruptes „Umkippen“ (zum Beispiel bei Seen, aber auch bei der Richtung des Golfstromes) nach Überschreitung von Schwellenwerten, positive Rückkopplungen (zum Beispiel Auftauen von Permafrostböden) oder auch langfristige schleichende Veränderungen (zum Beispiel beim Klima) möglich. Gemeinsam ist all diesen dynamischen Prozessen, dass wesentliche natürliche Existenzgrundlagen für Menschen auf regionaler oder globaler Ebene mit hohem Risiko und häufig irreversibel geschädigt werden können.

(260) Dadurch ergibt sich eine Hierarchie der Nachhaltigkeitsziele, die mit dem faktischen Vorrang der Ökonomie, wie er heute noch praktiziert wird, nicht in Einklang steht: Eine irreversible Schädigung der Naturgrundlagen muss verhindert werden, weil intakte Naturgrundlagen Voraussetzung sind für die wirtschaftliche und soziale Reproduktion.

(261) Bei andauernder Überschreitung von Naturschranken wie beispielsweise bei ungebremster Freisetzung klimawirksamer Gase in die Atmosphäre ist es nur eine Frage der Zeit, dass diese Überschreitung durch Anpassungs- und/oder Vermeidungsaktivitäten auf die Wirtschafts- und Sozialsysteme zurückwirkt: dadurch werden externe Kosten hervorgerufen. In der Folge werden neue Märkte und Geschäftsfelder kreiert (z. B. Effizienztechniken und regenerative Energiesysteme bei Vermeidungsaktivitäten; Dammbauten/Flüchtlingsprogramme bei der Anpassung) oder bestehende auch zurückgedrängt (z. B. fossile Energieträger bei Vermeidung oder Landwirtschaft und Touristik bei Anpassung).

(262) Zu den Grundeinsichten der Nachhaltigkeitsdebatte gehört es daher, dass die Befriedigung heutiger wie zukünftiger menschlicher Bedürfnisse und die Sicherung sozial nachhaltiger Verhältnisse nur dann möglich sein wird, wenn die Natur als Lebens- und Produktionsgrundlage erhalten werden kann. Die Enquete-Kommission folgt deshalb bei der Festlegung von Teilzielen einer pragmatischen Vorgehensweise. Diese besteht darin, zunächst die Bedingungen und Anforderungen von Nachhaltigkeit für den Energiebereich aus der ökologischen Perspektive zu formulieren. Daraus leitet sich ein Zielkorridor ab, in dem soziale Ziele formuliert werden können. Denn innerhalb des Zielkorridors, den die ökologische Perspektive erlaubt, definiert sich Nachhaltigkeit darüber, dass es gelingt, befriedigende soziale Entwicklungsperspektiven zu generieren. Dies schließt eine gerechte Verteilung von Lebenschancen und die Befriedigung grundlegender Bedürfnisse ebenso ein wie demokratische Entscheidungsstrukturen. Anschließend werden die ökonomischen Ziele festgelegt. Sie bestimmen, wie sich nachhaltig zukunftsfähige Entwicklung im Handeln der Menschen niederschlägt.

(263) Die Enquete-Kommission geht davon aus, dass bei nachhaltiger Entwicklung die drei Zieldimensionen ökologische, soziale und wirtschaftliche Ziele auf lange Sicht nicht in grundsätzlichem Widerspruch zueinander stehen, wenngleich kurz- und mittelfristig, für einzelne gesellschaftliche Gruppen und Weltregionen sowie in Einzelaspekten gravierende Gegensätze zwischen einzelnen Teilzielen auftreten können. Insbesondere messen sich die Zeitskalen der natürlichen Kreisläufe und Entwicklungen in Jahrzehnten und teilweise in Jahrhunderten, während die sozialen und ökonomischen Reproduktionszyklen mitunter wesentlich kürzer sind. Es besteht aber sowohl die Notwendigkeit als auch die Chance, dass sich die Strategien zur Erreichung einer sicheren, umwelt- und klimaverträglichen Energieanwendung, zur Arbeitsplatzbeschaffung, zur Begrenzung der sozialen Unterschiede, zur Stärkung demokratischer Entscheidungsstrukturen und zur Wirtschaftsentwicklung gegenseitig ergänzen und verstärken können.

(264) Ausgehend von dem für leitungsgebundene Energien in Deutschland formulierten Energiewirtschaftsgesetz beschreibt die Enquete-Kommission drei allgemeingültige Anforderungen: Leitungsgebundene Energien sind

- kostengünstig,
- sicher und
- umweltverträglich

bereitzustellen. Diese drei fundamentalen Aspekte sind mit den drei Dimensionen von Nachhaltigkeit verzahnt.

(265) Die nachhaltige Energieerzeugung und -nutzung in dem hier vorgeschlagen erweiterten Verständnis von Nachhaltigkeit hat in Zukunft diese drei Zielrichtungen miteinander zu vereinbaren. Für die nachhaltige Energiepolitik unmittelbar abgeleitete Ziele sind

- soziale Verträglichkeit,
- langfristige Ressourcenschonung sowie
- Klimaschutz.

(266) Die Umwelt-, die Klima- und die Ressourcenbelastungen durch Energieerzeugung hängen bei heutigen Nutzungsstrukturen wesentlich von der Höhe des Energieverbrauches ab. Die Enquete-Kommission geht von dem energiebezogenen Leitziel aus, bis Mitte dieses Jahrhunderts den absoluten und den Pro-Kopf-Energieverbrauch in den heutigen Industriestaaten deutlich zu senken und gleichzeitig den Lebensstandard weltweit auch in den Entwicklungs- und Schwellenländern zu erhöhen (absolute Entkoppelung). Angesichts des zu erwartenden starken Bevölkerungswachstums in den Entwicklungs- und Schwellenländern ist dies eine besondere Herausforderung. Ein qualitatives Wachstum und Wohlstand in den Industrieländern sind hierfür Voraussetzungen. Es ist aus Gründen der Gerechtigkeit gegenüber den bis Mitte dieses Jahrhunderts voraussichtlich zwischen 7,3 und 10,9 Mrd. Menschen[3] unabdingbar, dieses Leitziel anzustreben. Der Enquete-Kommission ist dabei bewusst, dass das Bruttosozialprodukt bzw. Bruttoinlandsprodukt ein unzureichender Maßstab für die tatsächliche Entwicklung der Lebensqualität darstellt. In quantitativen Szenarienanalysen kann das BSP – mangels aussagefähigerer Daten über „gutes Leben" und „neue Wohlstandsmodelle" – nur als Indikator und als Hilfsgröße verwendet werden.

(267) Eine Quantifizierung dieses ökologischen Leitzieles ist schwierig. Der Forschungsbedarf ist hoch. Die Kommission wird in Szenarienrechnungen und Plausibilitätsüberlegungen prüfen, ob es möglich ist, den Energieverbrauch pro Kopf in den Industriestaaten um etwa die Hälfte bis zwei Drittel zu senken und gleichzeitig den Lebensstandard bei Vollbeschäftigung in etwa zu verdoppeln. Dies erscheint prinzipiell nur dann realisierbar, wenn neue und effiziente Technologien und Organisationsformen der Energieumwandlung und -nutzung entlang der gesamten Umwandlungskette von der Erschließung

[3] UN (2001).

über die Produktion von End- und Nutzenergie bis zur Nachfrage nach Energiedienstleistungen entwickelt und breit eingeführt werden. Innovative Technologien auf der Basis dezentraler Anlagen, die aufgrund der Fortschritte der Informationstechnologie zu virtuellen Kraftwerken gekoppelt werden können, werden ebenfalls dazu beitragen, dieses Leitziel zu erreichen. Die Enquete-Kommission geht von dem Grundsatz aus, dass die effizientere Nutzung von Energie Vorrang vor der Energieerzeugung erhalten soll. So wurde es für Deutschland in der Regierungserklärung von 1998 festgelegt. Folgt man diesem Grundsatz, erhöhen sich die Chancen, ein nachhaltiges Energiesystem realisieren zu können. Gelingt dies in den Industriestaaten, kann auch eine positive Ausstrahlung auf die Entwicklung der Energiesysteme in den Entwicklungs- und Schwellenländern erwartet werden.

2.2 Ressourcen effizienter nutzen und Kreisläufe schließen – die entscheidenden Weichenstellungen

(268) Um den Zielkonflikt zwischen den verschiedenen Dimensionen von Nachhaltigkeit zu mindern, muss ökonomische Effizienz künftig auch effizientere Ressourcennutzung beinhalten. Dabei müssen alle knappen Ressourcen (einschließlich der Umwelt und sozialer Ressourcen) in die Entscheidungen der ökonomisch Handelnden eingehen. Ziel ist es, die Energie- und Ressourcenproduktivität weltweit derart anzuheben, dass ein wachsender und qualitativ anspruchsvoller Wohlstand („gut leben statt viel haben") mit weniger Energie- und Ressourcenverbrauch verbunden werden kann. Gelingt es, dieses neue qualitative Wachstums- und Fortschrittsmodell in den Industrieländern einzuführen, erhöhen sich die Chancen, den heutigen Entwicklungsländern und nachkommenden Generationen Entwicklungschancen ohne übermäßige Belastungen der Umwelt zu eröffnen.

(269) Für das Wirtschaftssystem und die Wirtschaftspolitik ergeben sich aus diesem Verständnis von Nachhaltigkeit grundsätzliche Herausforderungen: Die Zukunft für Forschung und Technik, für Innovationen, für Investitionen und für (qualitatives) Wirtschaftswachstum ist nicht mehr beliebig offen. Forschung und technische Innovationen müssen sich am Leitziel des ökologischen, sozialen und ökonomischen Fortschritts orientieren. Der „Such- und Entdeckungsprozess" von Wettbewerb und Markt muss sich strikt an den grundlegenden Bedingungen einer nachhaltigen Entwicklung orientieren. Nur so lassen sich Fehlsteuerungen vermeiden, die das Ziel der Nachhaltigkeit in Frage stellen. Der Weg – der „freie Markt" – ist nicht das Ziel, sondern der „Imperativ der ökologischen Nachhaltigkeit" verlangt die ständige Überprüfung, ob und wie marktwirtschaftliche Allokation in der Realität dorthin führt. Voraussetzung ist, dass der Staat die Rahmenbedingungen entsprechend setzt.

(270) Im Energiesektor ist die prinzipielle Richtung des notwendigen Strukturwandels zu mehr Nachhaltigkeit am deutlichsten erkennbar: Mehr Energiedienstleistungen mit weniger Energieeinsatz und Umweltbelastung, mehr erneuerbare statt erschöpfbarer und riskanter Energien.

(271) Wesentliche Beiträge zum Aufbau nachhaltiger Energieerzeugungs- und -nutzungsstrukturen dürften auf der lokalen und regionalen Ebene zu erwarten sein. Diese Beiträge können unter anderem darin liegen,

- die Energieeffizienz wesentlich und stetig zu steigern,
- den Anstieg des Transportbedarfs zu bremsen,
- demokratische Entscheidungsstrukturen und individuelle Entscheidungsfreiheiten für Handeln auf lokaler und regionaler Ebene zu sichern,
- regionale Wirtschaftskraft zu steigern und damit Arbeitsplätze zu schaffen bzw. zu sichern,
- dezentrale Erzeugungsstrukturen und erneuerbare Energien zu fördern mit dem Ziel, sie in den Markt einzuführen,
- den Aufbau flexiblerer Formen der Bereitstellung, Organisation und Finanzierung neuer unternehmerischer Dienstleistungen (zum Beispiel Demand Side Management, Contracting, Leasen und Mieten statt Besitzen von Fahrzeugen, Maschinen und Geräten) zu unterstützen.

(272) Die politischen Rahmenbedingungen müssen so beschaffen sein, dass die örtlichen und regionalen Unternehmen entsprechend agieren können. Dadurch können vor Ort zahlreiche Arbeitsplätze gesichert und neue geschaffen werden.

(273) Zahlreiche Wirtschaftszweige sind berührt. Die Unternehmen auf der örtlichen und regionalen Ebene werden ihre Chancen verstärkt wahrnehmen müssen, um die Herausforderungen und Aufgaben bei der effizienten Energie- und Materialnutzung, beim Recyceln energieintensiver Materialien, der Intensivierung der Produktnutzung und vieler produktbegleitender Dienstleistungen zu bewältigen. Häufig müssen verschiedene Akteure aus unterschiedlichen Produktionsstufen und Gewerken bei der integrierten Planung und Umsetzung von optimierten Systemlösungen zusammenarbeiten. Durch Optimierung über verschiedene Produktionsstufen können regelrechte „Quantensprünge" in der Energieeffizienzsteigerung und beim Einsatz erneuerbarer Energien erreicht werden, wobei gleichzeitig Energieverbrauch und Stoffströme verringert werden. Ein deutlicher Effizienzfortschritt durch die systemtechnische Optimierung ist selbst dann zu erreichen, wenn alle eingesetzten Energiewandler- und Effizienztechniken bereits bekannt und Stand der Technik sind. Um die vorhandenen Potenziale stufenweise zu erschließen, sind Forschung und Entwicklung für Technologien der Effizienzsteigerung und der erneuerbaren Energien zu forcieren.

(274) Bei den Strategien zur nachhaltigen Entwicklung soll die Möglichkeit des Transfers technischer, organisatorischer und unternehmerischer Innovationen in die Entwicklungs- und Schwellenländer unter Berücksichtigung der dortigen Bedingungen einbezogen werden. Bestehende Handelsregimes auf den Weltmärkten und globale Institutionen der Wirtschaftsförderung (z. B. Weltbank, Welthandelsorganisation etc.) müssen dahingehend untersucht werden, ob sie die Zielrichtungen für eine nachhaltige

Entwicklung der Energiewirtschaft hinreichend beachten und bestehende Zielkonflikte einer nachhaltigen Energieversorgung und -nutzung zu minimieren versuchen.

2.3 Die konkreten Teilziele einer nachhaltigen Entwicklung im Energiesektor

(275) Die Enquete-Kommission beschreibt im folgenden die konkreten Teilziele, an denen sie die Untersuchungen über Handlungsoptionen und politische Strategien und Instrumente im Hinblick auf eine nachhaltig zukunftsfähige Entwicklung im Energiesektor ausrichtet.[4]

2.3.1 Ökologische Ziele

(276) Die Art und Weise, aber auch allein der Umfang der derzeitigen Naturnutzung ist nicht nachhaltig. Nachhaltige Entwicklung heißt, mit weniger Ressourcenverbrauch und unter Eingrenzung von Risiken mehr Wohlstand zu produzieren. Dies gilt auch für die Entwicklung in den Transformations-, Schwellen- und Entwicklungsländern. Die natürlichen Ressourcen dürfen nicht überbeansprucht und die sozialen Unterschiede nicht weiter verschärft werden. In den Industriestaaten erscheint es gerechtfertigt, den Zielen der ökologischen Verträglichkeit und der Risikominimierung solange Priorität einzuräumen, wie sie nicht offen mit sozialen oder ökonomischen Zielen zu kollidieren drohen. Ambitionierte Ziele des Umwelt- und Klimaschutzes bilden somit das Rückgrat einer nachhaltigen Entwicklung der Weltgesellschaft.

(277) Die Enquete-Kommission legt insoweit ihrer weiteren Arbeit die Feststellung zugrunde, dass die weltweite Entwicklung nur dann nachhaltig zu nennen ist, wenn es gelingt,

– die anthropogene Veränderung des Weltklimas auf ein ökologisch verträgliches Maß zu begrenzen und langfristig aufzuhalten,

– Schadensrisiken so zu begrenzen, dass Unfälle mit extrem großem Schadensausmaß vermieden bzw. ausgeschlossen werden (das bedeutet den weltweiten Verzicht auf Kernenergie),

– die natürlichen Ressourcen nur in dem Maße zu nutzen, wie es den natürlichen Reproduktionsraten oder Substitutionsmöglichkeiten entspricht,

– die Stoffströme effizienter als heute zu gestalten und sie somit zu minimieren,

– den Flächenverbrauch für Siedlungen, Gewerbe und Verkehr mittelfristig durch intelligentes Management nicht mehr ansteigen zu lassen,

– die biologische Vielfalt zu erhalten,

– die „critical loads“ der Schadstoffemissionen nicht zu überschreiten.

(278) Die Nachhaltigkeitsdiskussion verliert ihre Beliebigkeit und Folgenlosigkeit erst dann, wenn über quantifizierte Umweltqualitätsziele und Leitindikatoren in einem demokratischen Prozess Einigkeit erzielt wird. Hierfür ist die Politik zum Schutz der Ozonschicht und des Klimas ein Lehrstück. Quantifizierte Leitziele sind keine dirigistischen Planvorgaben, sondern sie sind ein Kompass für gesellschaftliche Entwicklungen, eine Orientierung für Programme und Maßnahmen und eine Messlatte für gesellschaftlichen Fortschritt.

(279) Für den Bereich der Energieerzeugung, -nutzung und -dienstleistungen leiten sich aus diesen allgemeinen Zielsetzungen und Überlegungen folgende konkrete Ziele ab:

(280) 1. Die weltweite Reduzierung der energiebedingten Treibhausgase ist Kern einer auf Nachhaltigkeit angelegten Energie- und Verkehrspolitik. Ziel muss die Stabilisierung des Weltklimas sein. Die Ergebnisse des Dritten IPCC-Berichtes vom Sommer 2001 haben die Dringlichkeit dieses Zieles unterstrichen. Der Bericht geht, ähnlich wie andere Szenarienanalysen, davon aus, dass dieses Ziel erreicht werden kann, wenn die Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre im Verlauf dieses Jahrhunderts auf einem vergleichsweise niedrigen Niveau stabilisiert werden können. Notwendig ist demnach, den weltweiten CO_2-Ausstoß bis 2050 gegenüber dem heutigen Niveau um etwa 50 % zu senken. Die Enquete-Kommission sieht es als notwendig an, dass die energie- und verkehrsbedingten Emissionen des Leitindikators Kohlendioxid in den Industrieländern, also auch in Deutschland, bis zum Jahr 2020 um 40 %, bis 2030 um 50 % und bis 2050 um 80 % gegenüber 1990 reduziert werden müssen.[5] So würde den mehr als 80 % der Weltbevölkerung in den Entwicklungsländern eine nachholende Entwicklung, die unvermeidlich auch mit einer vermehrten Nutzung fossiler Energieträger einhergehen wird, ermöglicht. Damit bestätigt die Enquete-Kommission die Zielsetzungen der früheren beiden Enquete-Kommissionen zu diesem Thema.

(281) Deutschland hat die spezifischen CO_2-Emissionen bereits von 12,5 t pro Einwohner im Jahr 1990 auf 10,3 t im Jahr 2000 gesenkt. Im Jahr 2050 dürfen es nur noch 2,5 t je Einwohner sein.

(282) 2. Die für die Versauerung von Böden und Gewässern verantwortlichen Schadstoffe Schwefeldioxid, Stickoxide und Ammoniak müssen weltweit flächendeckend unter die sogenannten Critical Loads sinken, also diejenigen Werte, die nach jeweiligem Kenntnisstand auch indirekte langfristige Schädigungen der Ökosysteme sicher vermeiden sollen. Dies bedingt nach heutiger Erkenntnis, dass der Schwefeldioxid-Eintrag in Deutschland um mehr als 90 %, der Stickoxid-Eintrag um mehr als 80 % und der Ammoniak-Eintrag um mehr als 60 % gegenüber 1990 reduziert wird. Entsprechende Werte gelten für die meisten

---

[4] Die Realisierbarkeit dieser Teilziele ist ein Schwerpunkt dieses Endberichts.

[5] Im Kapitel 5 wertet die Kommission verschiedene Szenarien zum künftigen CO_2-Ausstoß bei verschiedener Energieträgerzusammensetzung aus.

Tabelle 2.1

Übersicht über die Empfehlungen zur CO_2-Reduktion vergangener Enquete-Kommissionen

	Reduktionsziel bis 2020	Reduktionsziel bis 2030	Reduktionsziel bis 2050
Enquete-Kommission „Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre“, 1990	– 50 % gegenüber 1987		– 80 % gegenüber 1987
Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“, 1995	– 45 % gegenüber 1987	– 50 % gegenüber 1987	– 80 % gegenüber 1987
Enquete-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und der Liberalisierung“, 2002	– 40 % gegenüber 1990	– 50 % gegenüber 1990	– 80 % gegenüber 1990

Quelle: Enquete (1990), Enquete (1995)

Nachbarstaaten Deutschlands. Als Zwischenziele bis 2010 können die Minderungsvorgaben des Göteborg-Protokolls angesetzt werden (SO_2 90 %, NO_x 60 %, NH_3 28 %). Aufgrund der Diskussionen um die gesundheitlichen Wirkungen der Emissionen von feinen und ultrafeinen Partikeln ist davon auszugehen, dass ihre Emissionen in Deutschland in einer Größenordnung zwischen 90 und 95 % reduziert werden müssen.

(283) 3. Die Gewässerqualität bei energetischer Kühlwassernutzung, im Bereich von Wasserkraftwerken sowie bei Anlagen des Bergbaus darf im Jahr 2050 Werte entsprechend der in Deutschland definierten Gewässergüteklasse II nicht unterschreiten.

(284) 4. Die Flächeninanspruchnahme für Siedlungs- und Verkehrsflächen und für den Rohstoffabbau sollte bis 2040 weltweit netto auf null reduziert werden. Dies bedeutet, dass zusätzliche Flächeninanspruchnahme dann nur noch akzeptiert wird, wenn entsprechende Ausgleichsmaßnahmen durchgeführt werden. Die Enquete-Kommission unterstützt die Forderung des Sachverständigenrates für Umweltfragen, dass in Deutschland mittelfristig 10 bis 15 % der nicht besiedelten Fläche als ökologische Vorrangfläche zum Aufbau eines Biotopverbundsystems zur Verfügung stehen sollten.

(285) 5. Die weltweiten Energiesysteme sind nach Auffassung einer Mehrheit der Kommission so auszurichten, dass hochradioaktiver Abfall, der über geologische Zeiträume zu deponieren ist, in Zukunft nicht mehr produziert wird. Das bereits existierende Volumen derartiger Abfälle darf nicht mehr wesentlich vergrößert werden – ihre Lagerung ist bereits heute eine der größten Herausforderungen für ein nachhaltiges Wirtschaften in den nächsten Jahrzehnten. Es sind Technologien zu entwickeln, die eine risikoarme Endbehandlung derartiger Abfälle sicherstellen. Die Umwelt- und Gesundheitsbelastungen bei der Uranproduktion sollten durch die Einstellung der Produktion und geeignete Sanierung ebenfalls minimiert werden.

(286) 6. Das Risiko von extrem großen Unfällen in Energieanlagen, beispielsweise Großwasserkraftwerken oder Kernkraftwerken, mit sehr großem Schadensumfang und Langzeitwirkungen muss so schnell wie möglich minimiert werden. Weil die heute absehbaren Reaktorkonzepte das Risiko von großen Reaktorunfällen – ganz abgesehen von Gefahren durch Terrorismus – nicht sicher vermeiden können, unterstützt die Enquete-Kommission das beschleunigte Auslaufen der Kernenergienutzung in Deutschland. Sie hält es auch in Verbindung mit dem geforderten ambitionierten Klimaschutz für wirtschaftlich realisierbar, wenn die effizientere Energieanwendung intensiviert wird und übergangsweise verstärkt Erdgas und erneuerbare Energien zunehmend genutzt werden.

2.3.2 Soziale Ziele

(287) Derzeit wächst die ungleiche Verteilung von Chancen und Risiken global, sowohl innerhalb der Entwicklungs- und Transformationsländer als auch zwischen Industrie- und Entwicklungsländern. Obwohl die traditionellen sozialen Unterschiede in den Industriestaaten in den letzten Jahrzehnten dadurch an Bedeutung verloren haben, dass Löhne und Gehälter deutlich angestiegen sind, haben sich aller wirtschaftlichen Entwicklung zum Trotz neue soziale Disparitäten entwickelt (Arbeitslosigkeit als Dauerproblem, Schaffung großer sozialer Randgruppen mit geringen Einkommen etc.). Deshalb ist auch in den Industriestaaten nach wie vor ein hohes Maß an sozialer Ungleichheit zu verzeichnen.

(288) Im Zuge der Globalisierung und Liberalisierung und des damit verbundenen Anpassungsdrucks an die Weltmärkte geriet das Ziel, die sozialen Gegensätze auch in Deutschland zu verringern, in den Hintergrund. Auch das Steuersystem hat über einen langen Zeitraum zusätzliche Umverteilung zu Lasten der sozial Schwachen mit sich gebracht. So hat sich die relative Struktur des Steueraufkommens in der Bundesrepublik zu Lasten der Lohn- und Gehaltseinkommen und zu Gunsten der Einkommen

aus Unternehmertätigkeit und Vermögen verschoben. Auch dadurch wurden soziale Gegensätze vergrößert.

(289) Diese Entwicklung ist nicht mit nachhaltig zukunftsfähiger Entwicklung vereinbar. Diese ist nach Ansicht der Enquete-Kommission nur denkbar, wenn technologische und ökonomische Entwicklungen und politische Prozesse sozial verträglich gestaltet sind. Daher ist es erforderlich, dass – unter Beachtung der oben genannten ökologischen Zielsetzungen – soziale Gegensätze und Verwerfungen deutlich abgebaut werden und jeder die Chance auf einen gerechten Anteil am gesellschaftlich produzierten Reichtum erhält. Dies gilt insbesondere auch für die wachsende Ungleichheit der Verteilung sozialer Chancen zwischen Industrie- und Entwicklungsländern.

(290) Die Allgemeine Erklärung der Menschenrechte der Vereinten Nationen proklamiert die Rechte auf Freiheit und demokratische Teilhabe, auf Gleichstellung und Gerechtigkeit, auf soziale Sicherheit und auf Arbeit. Die Enquete-Kommission unterstreicht die Wichtigkeit dieser allgemeinen Zielsetzungen für eine nachhaltig zukunftsfähige Entwicklung. Sie bekräftigt, dass eine nachhaltige Entwicklung das gesellschaftliche Ziel, die Arbeitslosigkeit zu verringern und möglichst vielen Menschen einen Arbeitsplatz zur Verfügung zu stellen, verfolgen muss, verbunden mit der sinnvollen und selbstbestimmten Gestaltung der Lebensarbeitszeit für jeden Menschen. Ein erfolgversprechender Weg könnte darin bestehen, die insgesamt vorhandene Arbeit auf mehr Menschen zu verteilen. Es müssen – neben der traditionellen Arbeitszeitverkürzung für Vollerwerbstätige – neue Wege gefunden werden, die durchschnittliche Erwerbsarbeitszeit pro Kopf zu reduzieren. Die Sozialpartner sind aufgerufen, Initiativen hierfür zu entwickeln (Teilzeitarbeit, Sabbatjahre etc.). Sie müssen auch nach innovativen Konzepten suchen, um innerbetrieblich demokratische Entscheidungsstrukturen weiterzuentwickeln. Übergänge zwischen freiwilliger Erwerbs- und Eigenarbeit sollten erweitert werden, die Lebensarbeitszeit im Interesse der individuellen und partnerschaftlichen Lebensplanung von Männern und Frauen sollte flexibler gestaltbar werden. Für Menschen im erwerbstätigen Alter muss dabei der Zugang und die Rückkehr zu einer befriedigenden und angemessen bezahlten Arbeit möglich sein.

(291) Soziale Sicherheit muss zu einem menschenwürdigen Leben befähigen, nichtdiskriminierend gestaltet sein und Anreize wie Möglichkeiten bieten, das Leben in die eigenen Hände zu nehmen. Große Bedeutung hat ihre Verlässlichkeit. Nur wer sicher ist, nicht in Armut geraten zu können, kann sich gesellschaftliche Modernisierung im Hinblick auf ökologisch nachhaltige Entwicklung leisten.

(292) Für den Bereich der Energieerzeugung und -nutzung leiten sich aus diesen allgemeinen Zielen folgende konkrete Arbeitsziele ab:

1. Alle Menschen müssen freien und sicheren Zugang zu den Dienstleistungen im Energiebereich als Beitrag zur Daseinsvorsorge („Dienstleistungen im allgemeinen Interesse“) erhalten. Dies bedingt den bezahlbaren und sicheren Anschluss an effiziente Strom-, Gas- und Wärmeversorgungssysteme nach dem Stand der Technik mit dem Ziel, entsprechende Dienstleistungen zu gesellschaftlich minimalen Kosten bereitzustellen. Dies bedingt ebenso, dass ausreichend technisches und organisatorisches Potenzial vorhanden ist, um die notwendige Nutzenergie und Energiedienstleistungen bei minimalem Energieverbrauch bereitzustellen.

   Ein derartiger Zugang ist erforderlich, damit die elementaren Grundbedürfnisse wie z. B. Wärme, Licht, Hygiene und Kochen effizient, das heißt, mit immer weniger Energieverbrauch und Umweltbelastung und gleichzeitig ausreichend, erfüllt werden können.

   Im Zeitalter der weltumspannenden Informationsnetze ist auch der Zugang zu Informationen und Bildung und damit letztlich zu selbstbestimmter Arbeit und Chancengleichheit untrennbar damit verbunden. Die Informationsnetze sind eng verwoben mit den Energienetzen. Deshalb ist der Zugang zu den Energienetzen von besonderer Bedeutung. Um in der IT-Gesellschaft bestehen zu können, ist für die Arbeitskräfte fortlaufend Weiterbildung erforderlich. Nur so kann den immer komplexeren Anforderungen qualifizierter Arbeitsplätze im durch die Globalisierung verschärften Wettbewerbsdruck Rechnung getragen werden.

   Geeignete soziale Sicherungssysteme sollten garantieren, dass der Zugang auch im Falle von Notlagen jederzeit erhalten bleibt.

2. Die Aufwendungen der privaten Haushalte für ihre Energiekosten, bezogen auf den Anteil an ihrem Gesamtbudget, sollten bei unverändertem Niveau von Energiedienstleistungen nicht steigen. Dies bedeutet, dass Energiepreissteigerungen und/oder Komfortsteigerung durch Energie- und damit Kosteneinsparungen mithilfe von Effizienztechniken zumindest ausgeglichen werden. Die Enquete-Kommission ist der Ansicht, dass die um die externen Kosten ergänzte Energierechnung, normiert auf Wohnfläche und Mobilität, nicht stärker steigen sollte als die Haushaltseinkommen.

   Um dies zu bewerkstelligen, sind noch große Anstrengungen zur Effizienzsteigerung nötig. Die Enquete-Kommission lotet während ihrer Arbeit die Potenziale für Verbesserungen in verschiedenen Sektoren aus. Künftig wird es aber vor allem darauf ankommen, sie auch umzusetzen.

3. Die Struktur des Energiesystems muss demokratischen Entscheidungsstrukturen unterliegen, um Marktmacht auszugleichen und Konflikte um Ressourcennutzung oder mit der Energienutzung verbundene Umweltprobleme zu regeln. Strukturen, die fehlerbehaftet sind und Irreversibilitäten schaffen, sind zu vermeiden. Die demokratische Teilhabe aller gesellschaftlichen Gruppen kann durch geeignete Maßnahmen gesteigert werden, beispielsweise Volksentscheide und Befragungen, Stärkung von Kompetenz und Finanzkraft örtlicher Einheiten und den Ausbau der innerbetrieblichen Mitbestimmung. Minderheitenrechte müssen gewahrt bleiben.

4. Die Enquete-Kommission hält es für unabdingbar, dass zukünftige Generationen in ihren Entscheidungsmöglichkeiten nicht weiter eingeschränkt werden dürfen

als es zur Lösung aktueller Probleme und Erhaltung künftiger Optionen unbedingt notwendig ist. Sie sollen in die Lage versetzt werden, ihr demokratisches Grundrecht wahrnehmen zu können, über ihre Lebensumstände soweit wie möglich selbst zu bestimmen. Das bedeutet: Wir haben zu verhindern, dass energiewirtschaftliche Strukturen schon heute so zementiert werden, dass künftigen Generationen kein Entscheidungsspielraum mehr bleibt. Das gilt für die Schonung energiewirtschaftlicher Ressourcen ebenso wie für die Vermeidung der irreversiblen bzw. viele tausend Jahre anhaltenden Hypothek nuklearer Abfalllager. Erforderlich ist, rechtzeitig umweltverträglichere Energiegewinnungsformen zu entwickeln, selbst wenn sie heute noch nicht wirtschaftlich sind, und sie durch geeignete Förderung rasch in den Markt einzuführen. Forschung und Entwicklung auf diesen Feldern müssen deutlich vorangetrieben werden.

5. Leben und Gesundheit der im Energiebereich Beschäftigten müssen geschützt sein. Hohe Anforderungen an den Arbeitsschutz sind am Arbeitsplatz einzuhalten.

6. Der notwendige Strukturwandel in der Energiewirtschaft muss sozialverträglich erfolgen. Der damit verbundene und durch die Schaffung von Wettbewerbsmärkten beschleunigte Abbau von Arbeitsplätzen in den traditionellen Bereichen der Energiewirtschaft erfordert große Anstrengungen von Politik und Wirtschaft: Die Zahl der verlorengehenden Arbeitsplätze muss durch die Schaffung neuer Arbeitsplätze beim Aufbau der neuen Energiemärkte ausgeglichen werden. Dies setzt auch eine aktive Arbeitsmarktpolitik des Staates voraus. Energiestandorte sollen im Rahmen des Strukturwandels wenn möglich erhalten bleiben. So können vor Ort ausreichend qualifizierte Ersatzarbeitsplätze zur Verfügung gestellt werden. Chancen für neue Arbeitsplätze bestehen vor allem in den innovativen Bereichen der effizienten Energieerzeugung beispielsweise mittels Kraft-Wärme-Kopplung und erneuerbaren Energien und den Dienstleistungen zur Energienutzung im Sinne von Nachhaltigkeit. Dabei sind vorhandene Qualifikationen zu nutzen. Lokale Beschäftigungsinitiativen im Energiebereich sind zu unterstützen.

7. Arbeitsbedingungen, Löhne und Sozialleistungen im gesamten Bereich der Energieerzeugung und -nutzung müssen mit der allgemeinen Lohn- und Gehaltsentwicklung Schritt halten. Arbeitszeitverkürzung entsprechend der Steigerung der gesellschaftlichen Arbeitsproduktivität und neue, flexible Arbeitsformen müssen realisiert werden. Die Mitbestimmung am Arbeitsplatz soll ausgebaut werden.

   Akteure auf den globalen und liberalisierten Märkten der Energiedienstleistungen müssen ihren Beschäftigten soziale Standards ermöglichen, die heute im Energiebereich üblich sind. Dies gilt für eine angemessenen Entlohnung ebenso wie für Arbeitsbedingungen und Arbeitsschutzmaßnahmen.

8. Die Formen nachhaltiger Energieerzeugung und -nutzung müssen wachsende Bedeutung in den Ausbildungsgängen der Universitäten, Fachhochschulen und des Handwerks sowie in den Fortbildungsangeboten auf allen Ebenen der Energieversorgung und -nutzung erhalten. Die Sozialpartner sollten auf Ausbildungsinhalte achten, die die Breite der Möglichkeiten widerspiegeln. Regelmäßige Fortbildung in den Bereichen rationelle Energieerzeugung und -nutzung und erneuerbare Energien muss für alle Energiebeschäftigten obligatorisch werden. Arbeitszeitverkürzung und Fortbildung sind miteinander zu verzahnen. Dabei sind die Sozialpartner aufgefordert, Modelle zu entwickeln, die Kosten und Nutzen derartiger Maßnahmen gerecht aufteilen.

2.3.3 Ökonomische Ziele

(293) Globalisierung und Liberalisierung haben seit dem Zusammenbruch der Zentralverwaltungswirtschaften die Wirtschafts- und Unternehmenspolitik verändert. Dies gilt insbesondere für die bisher national ausgerichteten Energiewirtschaften. Ein europäischer Binnenmarkt bildet sich. Dies hat den Strukturwandel in der Energiewirtschaft beschleunigt. Dabei ist zu beobachten, dass kurzfristige Renditeerwartungen ökonomische Entscheidungen bestimmen. Doch durch den hohen Kapitalbedarf und die langen Investitionszyklen ist eine auf Langfristigkeit und Nachhaltigkeit ausgerichtete Orientierung der Energiewirtschaft unerlässlich.

(294) Nachhaltiges Wirtschaften erfordert, die Marktkräfte innovativ, ökologisch verantwortlich und effizient zu nutzen, um den gesellschaftlichen Wohlstand zu mehren und gerecht zu verteilen. Mengenwachstum muss durch qualitatives Wachstum ersetzt werden, das ökologisch verträglich ist und jedem Menschen, der eine Erwerbsarbeit anstrebt, ermöglicht, sie auszuüben. Nur wenn dies gelingt, können Zielkonflikte mit den einem nachhaltigen Wirtschaftssystem zugrundeliegenden ökologischen und sozialen Zielen beherrschbar gemacht werden.

(295) Für den Bereich der Energieerzeugung und -nutzung leiten sich aus diesen allgemeinen Zielbestimmungen folgende konkrete Arbeitsziele ab:

1. Die Rahmenbedingungen für die deutsche Industrie müssen so angelegt sein, dass sie Innovationsmotor für Energieeffizienz entlang der gesamten Umwandlungskette und für neue Technologien werden kann. Derartige Innovationen können dazu beitragen, dass auch ihre internationale Wettbewerbsposition verbessert wird (first mover advantage). Dies bedingt, dass neue Wirtschaftszweige für Energieeffizienz und nachhaltige Energien etabliert und über lange Zeiträume kontinuierlich gestärkt werden.

2. Die Wettbewerbsfähigkeit von Industrie und KMU muss durch effiziente und langfristig sichere Energieerzeugung und -nutzung erhalten und erhöht werden. Um dies zu erreichen, erscheinen geeignete Energiedienstleistungs-Angebote unabdingbar. Existieren derartige Angebote, haben die Unternehmen die Wahl: Sie kön-

nen den Anteil der Energiekosten am Umsatz in etwa konstant halten (dies kann in der Regel ohne zusätzliche Investitionen erreicht werden), oder aber mittels Zusatzinvestitionen in nachhaltige Energietechnik dauerhaft einen Beitrag zu einer nachhaltig-zukunftsfähigen Entwicklung leisten. Energiedienstleistungen müssen kostengünstig – unter Berücksichtigung der externen Kosten – zur Verfügung gestellt werden.

3. Die deutsche Wirtschaft ist entscheidend auf sichere Bereitstellung von Energie angewiesen. Deshalb muss der Energiestandort Deutschland mit seinen hohen Standards an Verlässlichkeit und Sicherheit erhalten bleiben. Im Zuge des Reinvestitionszyklus der deutschen Kraftwerke müssen neue Anlagen in Deutschland auf der Basis der effizientesten Technik errichtet werden. Dabei muss nach Ansicht der Kommission die Kraft-Wärme/Kälte-Kopplung erheblich ausgebaut werden. Es sind ökonomisch tragfähige Lösungen zu wählen. Gleichzeitig müssen verstärkt nachfrageorientierte Energiedienstleistungen voran getrieben werden.

4. Zur Verbesserung der Versorgungssicherheit
   – muss die Importabhängigkeit von Energieträgern reduziert werden. Energieeffizienz und heimische Energieträger, soweit ihr Einsatz wirtschaftlich ist oder langfristig durch Markteinführung Wirtschaftlichkeit verspricht und mit den Klimaschutzzielen kompatibel ist, müssen größere Bedeutung erlangen. Die erneuerbaren Energien sind als heimische Energien im nationalen Energiemix enthalten. Derzeit noch erforderliche Backup-Systeme werden in dem Maße reduziert werden können wie der Aufbau von „virtuellen Kraftwerken“ vorankommt, die den Einsatz einer Vielzahl von dezentralen Energieerzeugern koordinieren.
   – müssen die Energieträger diversifiziert werden. Dies gilt insbesondere für Sparten, die einseitig von einem Energieträger abhängig sind, zuallererst für den deutschen Straßenverkehr mit seiner hundertprozentigen Abhängigkeit vom Erdöl. Die Enquete-Kommission strebt bezogen auf Deutschland einen Mindest-Diversifizierungsgrad der Energieimporte für Erdöl und Erdgas sowie einen Mindest-Differenzierungsgrad der Primärenergiebasis für Kraftstoffe für den Straßenverkehr an. Öffentliche Verkehrsmittel haben Vorbildcharakter – deshalb sollte für sie ein nachhaltiger Treibstoffmix angestrebt werden.

5. Weltweit ist ein Wachstumsmodell zu entwickeln, das das Wirtschaftswachstum absolut vom Energieverbrauch abkoppelt. Das heißt, dass nicht nur wie bisher der spezifische Energieverbrauch sinkt und damit die Wirtschaft stärker wächst als der Energieverbrauch, sondern dass der Energieverbrauch selbst absolut sinken muss, während das Angebot an Gütern und Dienstleistungen weiter steigen kann.

6. Energiepolitisches Handeln muss sich an der Zielvorstellung orientieren, die Energieproduktivität (das Verhältnis von realer Wirtschaftsleistung zum Primärenergieverbrauch) von 1990 bis 2020 um den Faktor 2,5 und bis 2050 um den Faktor 4 zu erhöhen. Dies entspricht einer durchschnittlichen jährlichen Steigerungsrate der Energieproduktivität von 3,1 % (bis 2020) bzw. von 2,4 % (bis 2050). Dieses anspruchsvolle Ziel erscheint erreichbar, wenn es gelingt, die Nachfrageseite konsequent in die Effizienzsteigerungsstrategien einzubeziehen. Damit wird die Wirtschaft von Energiekosten entlastet. Es eröffnet sich die Chance, die vorhandenen Effizienzpotenziale vollständig und bei allen Gliedern der Energieumwandlungskette auszuschöpfen.

   Es hat sich bereits ansatzweise ein neuer Markt für Dienstleistungen im Bereich des Energiesparens und der rationellen Energienutzung gebildet, der die historische „Arbeitsteilung“ zwischen Energieversorger (der verantwortlich für das Energieangebot war) und dem Nutzer (bislang verantwortlich für rationelle Energienutzung) tendenziell überwindet. Die Energiepolitik muss diese neuen Märkte unterstützen, indem sie eine gesellschaftlich akzeptierte quantifizierte Zielorientierung und einen zielführenden Instrumentenmix als Rahmen vorgibt.

   Die EU-Kommission schlägt vor anzustreben, die jährliche Steigerungsrate der Energieproduktivität gegenüber dem Trend um mindestens ein Prozent zu erhöhen.[6] Durch eine derartige Zielsetzung könnte der Vorrang der Energieeffizienz auf allen Ebenen der Ressourcennutzung erreicht werden, auch wenn dadurch der „Faktor 4“ nicht ganz erreicht wird. Volkswirtschaftlich kann dieses Ziel dadurch begründet werden, dass Energieeffizienzaktivitäten helfen, die sogenannten „externen Kosten“ des Energieverbrauchs zu verringern. Diese können heute allerdings nur zum Teil monetär erfasst werden. Dennoch ist es nach Ansicht der Kommission ein gangbarer Weg, um – gegenüber dem Trend – höhere Effizienzsteigerungen zu erzielen, wenn ein – monetär erfassbarer – Teil der externen Kosten bei den Investitionsentscheidungen von Investoren und Verbrauchern internalisiert wird. Dadurch werden zusätzliche Effizienzsteigerungen induziert, auf der Angebots- und vor allem auch auf der Nachfrageseite.

7. Der Verkehrssektor sorgt weltweit bislang für steigende Treibhausgasemissionen. Insbesondere beim Gütertransport und im Flugverkehr wird eine weitere deutliche Zunahme erwartet. Vor allem sinkende Auslastungen und höhere Ansprüche kompensieren den technischen Fortschritt weitgehend. In Zukunft wird vor allem der Freizeitverkehr Wachstumsmotor sein. Somit geht der Trend gegenwärtig stark entgegengesetzt zu allen Zielsetzungen. Daraus ergibt sich ein hoher Handlungsbedarf.

---

[6] Einen solchen Vorschlag enthält z. B. das von der EU am 26. April 2000 veröffentlichte Papier „Aktionsplan zur Verbesserung der Energieeffizienz in der Europäischen Gemeinschaft“. KOM(2000)247 endgültig (EU, 2000c).

Die Industriestaaten haben bislang den weitaus größten Anteil am Weltverkehrsaufkommen. Deshalb bleibt eine Reduktion der CO_2-Emissionen im Verkehr eine vorrangige, dringliche Aufgabe der Industrieländer. Lösungen müssen gefunden werden, die beispielsweise die Zunahme der Verkehrsleistung noch wesentlich stärker vom Kraftstoffverbrauch abkoppeln. Es sollte angestrebt werden, das Gesamtkilometeraufkommen beim motorisierten Verkehr bis 2010 zu stabilisieren. Hierzu scheint es erforderlich, dass der Anstieg des Güterfernverkehrs limitiert wird. Ein stetig steigendes Qualitätsangebot, das hohe Investitionen in Systeme des öffentlichen Verkehrs und des Schienenverkehrs voraussetzt, ist erforderlich, damit mehr Menschen vom motorisierten Individualverkehr auf öffentliche Verkehrsmittel umsteigen, insbesondere im Berufs- und Freizeitverkehr. Ein derartiger Ansatz bedingt auch Maßnahmen der Verkehrsvermeidung, indem Flächennutzungspläne optimiert und lokal ausgerichtete Produktions- und Konsummuster gefördert werden. Auch dem schwierigen, aber dennoch langfristig anzustrebenden Vorhaben, die Raum- und Siedlungsplanung nach verkehrsvermeidenden Aspekten neu auszurichten, sollte ein neuer Anstoß gegeben werden.

8. Den Entwicklungs- und Transformationsländern muss Spielraum für die Steigerung des Lebensstandards gelassen werden. Damit dies nicht zu hohen und damit nicht nachhaltigen Steigerungsraten des Welt-Energieverbrauchs führt, müssen die Industriestaaten, im wesentlichen die OECD-Länder, ihre Exporte an Anlagen, Maschinen und Fahrzeugen auf exzellentem technischen Standard halten. Nur wenn die Industriestaaten und ihre Industrien ausreichend Finanzmittel und Know-how bereithalten, um die modernsten Techniken zur Steigerung der Energieeffizienz den Entwicklungs- und Transformationsländern zügig zur Verfügung zu stellen, werden diese in die Lage versetzt, ihre Bedürfnisse an Energiedienstleistungen mit möglichst geringem Energiebedarf und emissionsarmen Techniken befriedigen zu können („leap frogging“). Geeignete Projekte, die im Rahmen des Kioto-Protokolls zur Klimarahmenkonvention als Joint Implementation für die Annex-I-Staaten der Konvention[7] und als Clean Development Mechanism für die Entwicklungs- und Schwellenländer ausgeführt werden, können vertrauensbildend wirken.

9. Die bestehenden nationalen und globalen Institutionen zur Finanz- und Wirtschaftsentwicklung müssen beim Transfer von Know-how und Kapital in die Entwicklungs-, Schwellen- und Transformationsländer darauf achten, dass die Kriterien für Nachhaltigkeit beachtet werden.[8]

[7] Dies sind die osteuropäischen Transformationsländer sowie die Industrienationen.

[8] Vergleiche hierzu detailliert Kapitel 6.1.9. Auf der Ebene Deutschlands sind die wichtigsten drei Institutionen für diesen Transfer die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW), die Gesellschaft für technische Zusammenarbeit (GTZ) und die Deutsche Investitions- und Entwicklungsgesellschaft (DEG).

Auf internationaler Ebene sind zunächst die Entwicklungsbanken zu nennen: Es sind dies die Afrikanische Entwicklungsbank (AfDB), die Asiatische Entwicklungsbank (AsDB), die Europäische Bank für Wiederaufbau und Entwicklung (EBRD), die Inter-Amerikanische Entwicklungsbank (IDB) und die Karibische Entwicklungsbank (CDB).

Des Weiteren gehören die Weltbank und die Weltbankgruppe zu den internationalen Transferinstitutionen. Zur Weltbankgruppe gehören die Internationale Bank für Wiederaufbau und Entwicklung (IBRD), die Internationale Entwicklungsorganisation (IDA), die International Finance Corporation (IFC) und die Multilateral Investment Guarantee Agency (MIGA). Die Unterorganisationen der Weltbankgruppe mischen öffentliche und private Gelder und berücksichtigen bei ihren Vergabeentscheidungen neben der ökonomischen Dimension auch die soziale und ökologische. Idealerweise sollen alle drei Kriterien gleichermaßen gelten.

(296) Es wurde bereits dargestellt, dass die ökologischen, sozialen und ökonomischen Nachhaltigkeitsziele im Energiebereich vor dem Hintergrund globaler und internationaler Rahmenbedingungen in Konflikte miteinander geraten können. Erst die Verknüpfung mit den erkennbaren Entwicklungstendenzen der sozialen und ökonomischen Rahmenbedingungen im betrachteten Zeithorizont lässt die Zielkonflikte und die Schwierigkeiten, sie zu lösen, deutlich hervortreten. Andererseits ist diese Verknüpfung notwendig um zu prüfen, wie aus den allgemeinen Nachhaltigkeitszielen möglichst konsistente Handlungsstrategien und -optionen für eine nachhaltige Entwicklung des Energiesystems abgeleitet werden können. Im folgenden Kapitel 3 werden die globalen und internationalen Entwicklungen dargestellt und in Bezug auf mögliche Zielerreichung für ein nachhaltiges Energiesystem bewertet.

Sondervotum zu Kapitel 2

Minderheitsvotum des Kommissionsmitglieds der Fraktion der PDS einschließlich des von ihr benannten Sachverständigen Prof. Dr. Jürgen Rochlitz

Ziele für eine Energiepolitik auf der Basis der Nachhaltigkeit

Es wechseln die Zeiten. Die riesigen Pläne
der Mächtigen kommen am Ende zum Halt.
Und gehen sie einher auch wie blutige Hähne
Es wechseln die Zeiten, da hilft keine Gewalt.

Am Grunde der Moldau wandern die Steine

Es liegen drei Kaiser begraben in Prag.
Das Große bleibt groß nicht und klein nicht das Kleine.
Die Nacht hat zwölf Stunden, dann kommt
Schon der Tag.

Bertold Brecht (Schweyk)

Eine Energiepolitik, die auf den Prinzipien der Nachhaltigkeit aufbaut, muss in diesem Jahrhundert mit folgenden hervorstechenden Problemen rechnen:

1. Dominanz und Priorität der Ökonomie mit dem Dogma des ökonomischen Wachstums,

2. Ausbeutung und Zerstörung der Natur;
3. Ein sich beschleunigender anthropogen verursachter Klimawandel;
4. Eine unilateral ausgerichtete Politik der USA, verbunden mit verstärkt militarisierter Außenpolitik, entsprechender Aufrüstung und Blockaden wichtiger internationaler Abkommen;
5. Weltweite Massenarbeitslosigkeit und Zunahme informeller Beschäftigung;
6. Zunahme von Ungleichheit sowohl zwischen als auch innerhalb der Gesellschaften, damit Zunahme von Armut weltweit und Zunahme der Verschuldung der Entwicklungsländer;
7. Mangelnde Bereitschaft und mangelnder Wille der politisch Herrschenden, diese Probleme in angemessener Zeit und vom Grundsatz her zu bewältigen.

Die sieben genannten Tendenzen verstetigen sich in negativer Richtung, sie machen deutlich, dass derzeit eine globale nachhaltige Entwicklung nicht in Ansätzen existiert. Da aber zum Erhalt der Grundlagen des Lebens und zur Vermeidung kriegerischer Auseinandersetzungen die genannten Zustände und Entwicklungen mindestens gestoppt, besser umgekehrt werden müssen, ergibt sich die Notwendigkeit einer grundsätzlichen Transformation.

Diese Notwendigkeit einer grundsätzlichen Transformation ergibt sich auch aus einem anderen Gedankengang: Die Wirtschaft insgesamt sollte sowohl die natürlichen Grundlagen wie auch die soziale Basis unseres Lebens sichern. Derzeit gilt gerade das Umgekehrte: Die natürlichen Ressourcen, der Arbeitsplatzabbau und der Abbau der sozialen Basis sichern die Wirtschaft, deren Gewinne und globale Ausdehnung.

Die Basis für die genannten Trends ist eine Wirtschaftsordnung, die nur den Wettbewerb, nur die Gewinner, nur das ökonomisch Fassbare, nur die Wirtschaftlichkeit kennt und belohnt. Diese Priorität der Ökonomie mit dem Dogma, dem ökonomischen Wachstum eine Schlüsselrolle zuzuweisen, schien noch vor 80, sogar 100 Jahren vielen Menschen ein simples und wirkungsvolles Instrument zur Förderung des weltweiten Wohlstands zu sein. Es hat sich herausgestellt, dass hier ein Irrtum vorlag. Zu diesem Irrtum gehört auch die Vorstellung, ein freier Markt könne sozial oder gar nachhaltig sein. Die in Deutschland auf den früheren Bundeskanzler Erhard zurückzuführende sogenannte soziale Marktwirtschaft war von Anfang an ein Mythos, der gebraucht wurde als angeblich attraktives Gegenmodell zu den damaligen Planwirtschaften. Die „soziale“ Marktwirtschaft hat weder Massenarbeitslosigkeit verhindert noch den Ruin von kleinen ökonomischen Existenzen in Landwirtschaft, Gewerbe und Handel; sie war vielmehr als Marktwirtschaft von Anfang an und von Natur aus antisozial.

Nur eine grundlegende ökonomische Transformation, nämlich die Abkehr vom traditionellen Markt-, Wettbewerbs-, Fortschritts- und Wachstumsmodell, führt zur nachhaltigen Entwicklung. Nur ein Fortschritt, der sich an den Bedürfnissen der Menschen und an den Bedingungen der Natur orientiert, kann noch als Fortschritt bezeichnet werden. Alles andere ist ein Fortschreiten weg von Humanität und sozialem Leben, von jeglicher nachhaltigen oder zukunftsfähigen Entwicklung.

Die nötige Transformation wird nur durch grundsätzliche, weitreichende institutionelle und politische Veränderungen erreichbar sein. Für einen solchen demokratisch legitimierten Prozess müssen Grundsätze und Ziele formuliert werden. Aus ihnen müssen dann für eine Energiepolitik auf der Basis der Nachhaltigkeit energiepolitische Zielvorstellungen und Grundsätze abgeleitet werden.

Derartige Grundsätze für eine nachhaltige Entwicklung wurden schon als Management-Regeln für die sogenannten drei Dimensionen der Nachhaltigkeit formuliert.[9] Die weiterentwickelten Regeln[10] wurden in dem ersten Bericht dieser Kommission wenigstens zitiert, jedoch nicht diskutiert und bewertet. Wir haben diese Regeln zu einem Grundgesetz der Nachhaltigkeit weiterentwickelt.

Ebenso wie nach dem zweiten Weltkrieg in Deutschland ein Grundgesetz der neuen Republik nötig war, so ist zur Überwindung der Diktatur der Ökonomie ein globales Grundgesetz der Nachhaltigkeit notwendig. Aus diesem Grundgesetz der Nachhaltigkeit werden Ziele und Maßnahmen abgeleitet, die zu einer nachhaltigen Entwicklung führen. Diese werden dann auf die Erfordernisse einer nachhaltigen Energiepolitik fokussiert. Allerdings hoffen die Autoren, dass dieses Grundgesetz der Nachhaltigkeit tatsächlich eine Basis für eine künftige Politik wird, mehr beachtet wird als das bestehende Grundgesetz der Bundesrepublik. Die Bestimmungen des letzteren wurden doch häufig durch Gesetze verwässert, manche Grundrechte gar auf breiter Front missachtet (z. B. Grundrecht auf körperliche Unversehrtheit, Grundrecht auf Asyl, die Gleichheit vor dem Gesetz).

Wir möchten hier ein solches globales Grundgesetz der Nachhaltigkeit auf der Basis der im ersten Bericht zitierten Regeln vorschlagen. Es gliedert sich in die vier Dimensionen der Nachhaltigkeit: Ökologie, Ökonomie, Soziales und Kultur sowie die Rolle der Institutionen.

Die Gleichrangigkeit dieser Dimensionen – häufig beschrieben, gefordert und auch von der Kommissionsmehrheit aus SPD, CDU, FDP, Bündnis 90/Die Grünen favorisiert – wird unter den herrschenden Wirtschaftsbedingungen nicht umsetzbar sein. Aus unserer Sicht sind die Dimensionen der Ökonomie und der Institutionen deren Inhalt nach verantwortlich für die Gewährleistung der Bedürfnisse der Menschen einerseits und der Erhaltung der natürlichen Lebensbedingungen andererseits. Dem Erhalt der natürlichen

[9] Erster Bericht dieser Enquete-Kommission, Kapitel 3, Bundestagsdrucksache 14/7509, S. 27 f. Abschlußbericht der Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt – Ziele und Rahmenbedingungen einer nachhaltig zukunftsverträglichen Entwicklung“, Bundestagsdrucksache 13/11200, S. 25f.

[10] Jörissen, J., Kopfmüller, J., Brandl, V., Patau, M. „Ein integratives Konzept nachhaltiger Entwicklung“, Wiss. Ber. FZ Karlsruhe, FZKA 6393, 1999.

Lebensgrundlagen (ökologische Dimension) kommt eine herausgehobene Rolle zu, da sie letztlich die Basis ist für die Befriedigung der Bedürfnisse der Menschen (soziale Dimension). Diese Betrachtungsweise macht die Konflikte erst sichtbar, die im Diskurs um nachhaltigen Entwicklung thematisiert werden müssen.

In diesem Sinne hat das Umweltbundesamt ganz richtig formuliert:[11]

„Alles Wirtschaften und auch die Wohlfahrt im klassischen Sinne stehen unter dem Vorbehalt der ökologischen Nachhaltigkeit. Nur in dem Maße, in dem die Natur als Lebensgrundlage nicht gefährdet wird, ist Entwicklung und damit auch Wohlfahrt möglich...Wenn die Politik Nachhaltigkeit gezielt gestalten will, dann muss sie die Tragekapazität der Umwelt als letzte, unüberwindliche Schranke für alle menschlichen Aktivitäten zur Kenntnis nehmen...“

Vorschlag für ein globales Grundgesetzes der Nachhaltigkeit

I) Ökologie

Art. 1 Generationenverantwortung

Die Natur in ihrer Gesamtheit mit ihrer Struktur- und Artenvielfalt ist für die nachfolgenden Generationen zu erhalten.

Art. 2 Schonung von Natur und Umwelt

Der Umfang von Stoffflüssen sowie deren Freisetzung darf die Aufnahmefähigkeit der Umweltmedien und Ökosysteme nicht überschreiten, noch weniger deren Regelungsfunktionen schädigen. Insbesondere ist das Vorsichtsprinzip zur Anwendung zu bringen. Stoffe, deren Wirkung auf die Umweltmedien ungeklärt sind und die Umwelt schädigen können, dürfen nicht freigesetzt werden.

Art. 3 Schonung erneuerbarer Ressourcen

Die Nutzungsrate sich erneuernder Ressourcen darf deren Regenerationsrate nicht überschreiten und die Leistungs- und Funktionsfähigkeit des jeweiligen Ökosystems nicht gefährden, sie sind ebenso wie die Natur insgesamt zu schonen.

Art. 4 Schonung nicht erneuerbarer Ressourcen

Nicht erneuerbare Ressourcen sind durch erneuerbare zu ersetzen.

Art. 5 Nachhaltiges Zeitmaß

Das Zeitmaß anthropogener Einträge oder Eingriffe in die Umwelt muss im ausgewogenen Verhältnis zum Zeitmaß der für das Reaktionsvermögen der Umwelt relevanten natürlichen Prozesse stehen.

[11] Umweltbundesamt „Nachhaltiges Deutschland“, Berlin 1997.

Art. 6 Keine Nutzung von Risikotechnologen

Die Nutzung von Risikotechnologien ist zu beenden und die Forschungsförderung auf diesem Gebiet einzustellen.

Art. 7 Schutz der menschlichen Gesundheit

Gefahren und unvertretbare Risiken für die menschliche Gesundheit durch anthropogene Einwirkungen sind zu vermeiden.

Art. 8 Schutz der Biodiversität

Durch Maßnahmen des Natur- und Artenschutzes ist die Vielfalt des Lebendigen zu schützen und zu erhalten. Dieser Natur- und Artenschutz muss auf der gesamten Fläche praktiziert werden.

Art. 9 Schönheit der Natur

Kultur- und Naturlandschaften bzw. -landschaftsteile von besonders charakteristischer Eigenart und Schönheit sind zu sichern und zu erhalten.

Gebäude, Städte und Siedlungsstrukturen sind den landschaftlichen Gegebenheiten in ästhetischer Form anzupassen.

II) Soziale und kulturelle Dimension

Art. 1 Verteilungsgerechtigkeit

Die Möglichkeiten der Nutzung der Umwelt sind nach den Prinzipien der Gleichheit unter Beteiligung aller Betroffenen zu verteilen, hierbei sind auch die möglichen Bedürfnisse nachfolgender Generationen zu berücksichtigen.

Art. 2 Soziale Grundrechte

Jeder hat soziale Grundrechte. Außer dem Recht auf Arbeit und Arbeitsförderung gehört dazu eine bedarfsorientierte soziale Grundsicherung, das Recht auf einen menschenwürdigen Wohnraum, das Recht auf gesundheitliche Fürsorge und das Recht auf Bildung.

Art. 3 Recht auf Arbeit

Jeder Mensch hat das Recht auf Arbeit, auf freie Berufswahl, auf angemessene und befriedigende Arbeitsbedingungen, auf Schutz gegen Arbeitslosigkeit und auf Arbeitsförderung.

Art. 4 Mitentscheidungsrechte

Alle Menschen nehmen an den Entscheidungsprozessen ihrer Gesellschaft gleichberechtigt teil. Insbesondere die von Entscheidungen Betroffenen müssen ihre Bedürfnisse und Interessen einbringen können.

Art. 5 Sozialverpflichtung

Für Besitzer von Land, Kapital und Produktionsmitteln besteht die soziale Verpflichtung, diese Besitztümer für die hier beschriebene nachhaltige Entwicklung einzusetzen. Daraus folgt die Produktion von Gütern, die den menschlichen Bedürfnissen und den natürlichen Erfordernissen

angepasst sind, sowie die diesen Prinzipien entsprechenden Produktionsprozesse. Dabei muss eine qualifizierte Beschäftigung gesichert und ein Beitrag zur Minderung von Armut geleistet werden.

Art. 6 Allgemeine Bürgerrechte

Alle Menschen haben allgemeine, gleiche und insbesondere soziale Bürgerrechte. Auf dieser Grundlage bekommen sie gesicherten Zugang zu Bildung, beruflicher Tätigkeit, Information und Mobilität.

Art. 7 Vermittlung von Nachhaltigkeit

Die Institutionen von Bildung und Wissenschaft haben sich an den hier beschriebenen Merkmalen einer nachhaltigen Entwicklung zu orientieren. Sie haben diese konsequent zu vermitteln.

Auch Kunst und Kultur sind so zu fördern, dass sie ihren eigenständigen Beitrag zur Vermittlung von Nachhaltigkeit im Sinne dieses Grundgesetzes zu leisten vermögen.

Art. 8 Existenzsicherung

Jeder hat Anspruch auf eine bedarfsorientierte soziale Grundsicherung, die ein menschenwürdiges Leben gewährleistet.

Art. 9 Gewaltfreie Konfliktregelung

Gesellschaftliche Konflikte werden gewaltfrei ausgetragen. Alle gesellschaftlichen Institutionen leisten dazu ihren Beitrag.

Hierzu sind Toleranz, Solidarität, Integrationsfähigkeit, Gemeinwohlorientierung sowie Potenziale der gewaltfreien Konfliktregelung zu stärken.

Art. 10 Kulturelle Vielfalt

Der kulturelle Reichtum der Menschheit wie Sprachen, Literatur, Musik, bildende Kunst und Architektur ist zu erhalten und seine Vielfalt zu fördern.

III) Ökonomische Dimension

Art. 1 Ziel der Ökonomie

Ziel der Ökonomie ist die Befriedigung der Bedürfnisse aller Menschen, bei Vollbeschäftigung und unter Erhaltung ihrer natürlichen Lebensbedingungen. Die Rahmenbedingungen der Wirtschaft sind diesen Zielen entsprechend zu gestalten.

Art. 2 Zulässigkeit von Wettbewerb

Wettbewerb ist so einzuschränken, dass eine Spaltung der Gesellschaft in Gewinner und Verlierer, in Arm und Reich sowie die Ausbeutung der Natur unterbunden wird.

Art. 3 Generationenverantwortung

Produktion zulasten oder auf Kosten nachfolgender Generationen ist zu vermeiden.

Art. 4 Einkommens- und Vermögensverteilung

Die Einkommens- und Vermögensverteilung erfolgt nach den Prinzipien der Gleichheit. Anhäufung von Reichtum in privaten Händen bei gleichzeitiger Verarmung der öffentlichen Hand ist zu unterbinden.

Art. 5 Verschuldung

Die Zinslastquote der Staatshaushalte sollte langfristig stabil gehalten werden, damit zukünftige Handlungsspielräume des Staates nicht eingeschränkt werden. Die laufenden konsumtiven Ausgaben des Staates müssen aus den laufenden Einnahmen finanziert werden, soweit die Ausgaben nicht Zukunftsinvestitionen betreffen, die eine nachhaltige Entwicklung im Sinne dieses Grundgesetzes stützen.

Die Schulden der Entwicklungsländer werden gestrichen. Eine internationale Wirtschaftsordnung auf der Grundlage dieses Grundgesetzes wird die Neuverschuldung dieser Länder verhindern.

Art. 6 Verhinderung von Folgekosten

Die Preisbildung muss die Sozialisation ökologischer oder sozialer Schäden vermeiden und korrigieren. Um einen Beitrag zur Veränderung der Produktions- und Verhaltensweisen in Richtung Nachhaltigkeit zu leisten, ist die Besteuerung ökologischer oder sozial schädlicher Produktionsprozesse notwendig. Auch der Abbau ökologisch kontraproduktiver Subventionen, vor allem im Verkehrs-, Energie- und Landwirtschaftssektor, dient diesem Zweck.

Art. 7 Internationale Wirtschaftsbeziehungen

Die internationalen Wirtschaftsbeziehungen sind so zu gestalten, dass allen Staaten oder Akteuren eine Teilnahme am Wirtschaftsgeschehen und ein Übergang zur nachhaltigen Entwicklung möglich ist, ohne dass eine Aufspaltung in arme und reiche Länder stattfindet, oder gar eine erneute Verschuldenskrise beginnt.

IV) Institutionen

Art. 1 Bildung

Alle gesellschaftlichen Institutionen müssen dazu beitragen, soziale, ökologische und ökonomische Probleme der Gesellschaften zu lösen.

Die Institutionen von Bildung und Wissenschaft müssen die kritische Reflexion individuellen Handelns und gesellschaftlicher Strukturen ermöglichen und anregen.

Art. 2 Demokratische Kontrolle

Die Institutionen haben die demokratischen Kontrollrechte der Bürger zu gewährleisten und auszubauen, um dadurch einen wesentlichen Beitrag zur Nachhaltigkeit zu leisten.

Art. 3 Verwirklichung demokratischer Rechte

Die Institutionen müssen dazu beitragen, im Interesse der hier festgelegten Rechte, unterschiedliche Artikulations-

und Einflussmöglichkeiten verschiedener Akteure im Sinne des Prinzips der Gleichheit auszugleichen. Insbesondere sind den unterschiedlichen Bedürfnissen und Interessen Geltung zu verschaffen, und ihre Umsetzung zu regeln.

Art. 4 Rechtssicherheit

Die institutionellen Entscheidungsprozesse haben sich durch Transparenz und Achtung der demokratischen Mitbestimmungs- und Kontroll-Rechte sowie durch Berechenbarkeit, Verbindlichkeit und Beständigkeit auszuzeichnen. So können sich die Bürger vor Willkür schützen, und sich ein hohes Maß an Rechtssicherheit schaffen.

Art. 5 Internationale Zusammenarbeit

Die verschiedenen Akteure arbeiten auf der Grundlage gleicher demokratischer Rechte zusammen, um nachhaltige Entwicklung im Sinne dieses Grundgesetzes zu ermöglichen.

Art. 6 Nationale und Internationale Institutionen

Für die Einleitung und Umsetzung einer nachhaltigen Entwicklung sind nationale und internationale Institutionen zu schaffen bzw. umzuorientieren, die in die Lage versetzt werden, den Maßnahmen und Folgerungen aus diesem Grundgesetz in den Ländern und weltweit Geltung zu verschaffen.

Art. 7 Soziale und internationale Ordnung

Jedermann hat Anspruch auf eine soziale und internationale Ordnung, in der die in diesem Grundgesetz aufgeführten Rechte, Pflichten und Erfordernisse für eine nachhaltige Entwicklung voll verwirklicht werden können.

Erläuterungen

I) Ökologie

Die ökologischen Artikel stellen – ähnlich wie die physikalischen Erhaltungssätze zur Energie – Erhaltungssätze zur Ökologie des Planeten dar. Ihre Missachtung hat die Zerstörung wesentlicher Grundlagen des menschlichen Lebens auf der Erde zur Folge. Ihr Ursprung liegt in den sogenannten Managementregeln zur Nachhaltigkeit, wie sie von den Enquete-Kommissionen des Deutschen Bundestags („Schutz des Menschen und der Umwelt“) in den 12. und 13. Legislaturperioden formuliert wurden.[12] Hinzugefügt wurde allerdings die elementare Forderung nach der Verantwortung für nachfolgende Generationen, wie sie sich aus den Forderungen der Brundtland-Kommission ergibt.

Das Haupt- und Zentralproblem der ökologischen Artikel betrifft den Umgang mit den nicht erneuerbaren Ressourcen. Selbst „schonender“ Umgang mit ihnen bedeutet stetigen Verbrauch. Die Lösung dieses Dilemmas kann mit der Einstellung der Nutzung von nicht erneuerbaren Ressourcen innerhalb einer oder zweier Generationen erfolgen. Um dies zu ermöglichen, sind Strategien der Effizienz, der Suffizienz und der Konsistenz zu entwickeln.[13]

Auch die Substitution nicht erneuerbarer Ressourcen durch erneuerbare hat Grenzen. So ist selbstverständlich auch bei der Anwendung erneuerbarer Energien auf die Einhaltung der Nachhaltigkeitskriterien zu achten. Erneuerbare Ressourcen lassen sich nicht grenzenlos vermehren und ausbauen. Auch ist in vielen Fällen der gigantische Verbrauch nicht erneuerbarer Ressourcen vom Umfang her wie vom Zeitablauf her nur schwer zu substituieren.

Daher ist die Effizienz der letzteren zu steigern oder besser: Sie müssen durch nachwachsende Rohstoffe ersetzt werden oder durch weitergehende Maßnahmen der Einsparung gänzlich geschont werden. So muss binnen zweier Generationen die Nutzung der nachgewiesenen nicht erneuerbaren Ressourcen beendet werden, sodass nachfolgenden Generationen in Notfällen eine begrenzte schonende Nutzung möglich wäre.

Verstärkte Mehrfachnutzungen, Recycling, oder andere Möglichkeiten zur Erhöhung der Nutzungsintensität wie z. B. Car-Sharing, Geräteleasing sind im Bereich der stofflichen Verwendungen gangbare Wege zur Einsparung von Ressourcen (damit auch von Energie). Im Bereich energetischer Verwendungen kommt dies allerdings nicht in Frage. Für die Nutzung energetischer Ressourcen werden dagegen Suffizienzstrategien unausweichlich sein: Vermeidung von Energieverbräuchen, Verzicht auf energiereiche bzw. energiezehrende Produkte, Verfahren und Lebensweisen, Beschränkung auf energie- und rohstoff-sparende Techniken und Verhaltensweisen werden eine neue Welt erschließen, die mit der gegenwärtigen, westlich-industriell geprägten Welt des unbegrenzten Konsums, des immer erneut angestrebten Wachstums, der kaum begrenzten Naturnutzung und -zerstörung nichts mehr gemein haben dürfte.

Risikotechnologien wie Atom- oder Gentechnik widersprechen wegen der von ihnen ausgehenden Gefährdungs- und Zerstörungspotenziale jedem Ansatz von Nachhaltigkeit; die von ihnen ausgehenden Gesundheitsgefahren verstärken diese Einschätzung. Sie bergen Großrisiken mit möglicherweise katastrophalen Auswirkungen auf die Umwelt als Ganzes und die Biodiversität im Besonderen.

Ihre Nutzungen und die dazugehörigen Forschungen sind daher einzustellen.

Ein weiterer Aspekt der Nachhaltigkeit ist der Erhalt der Schönheit. Dieser Aspekt und die Idee der Schönheit hat eine jahrtausendelange Tradition im Geisteswesen der Menschen und hat in Abhängigkeit von Kultur und Epoche immer wieder Wandlungen erfahren. Die Schönheit der Natur ist nicht nur im christlichen Schöpfungsgedanken präsent, sie erregt Bewunderung selbst bis in die heutige Zeit. Das Ziel der Bewahrung der Natur bedeutet

[12] Erster Bericht dieser Enquete-Kommission, Kapitel 3, Bundestagsdrucksache 14/7509, S. 27 f. Abschlußbericht der Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt – Ziele und Rahmenbedingungen einer nachhaltig zukunftsverträglichen Entwicklung“, Bundestagsdrucksache 13/11200, S. 25f.

[13] Erster Bericht dieser Enquete-Kommission, Bundestagsdrucksache 14/7509, 70ff.

damit gleichzeitig auch Bewahrung ihrer Schönheit und Eindämmung von zwangsläufigen und anthropogen verursachten Zerstörungsprozessen und Entwicklungen zum Hässlichen hin. Ein provokantes Beispiel sind solche Wucherungen der Städte in die Fläche der Landschaft mit architektonisch und energietechnisch minderwertigen Bauten „auf der grünen Wiese“ zum Zwecke eines schnellen Kommerzes. Dieses Umfeld des dominierenden Kommerzes kann weder für soziale noch für kulturelle Entwicklungen, die die Lebensperspektiven von breiten Bevölkerungsschichten verbessern, förderlich sein. Dagegen können regional Arbeitsplätze gesichert werden, wenn bei einer Anpassung von Gebäuden, Städten und Siedlungsstrukturen an landschaftliche Gegebenheiten in ästhetischer Form regional tradierte Bauweisen unter Rückgriff auf die örtlich typischen Baustoffe genutzt werden.

Nicht nur damit wird Schönheit zu einem Aspekt von Nachhaltigkeit und Zukunftsfähigkeit. In einer Welt, in der sich alles nur um Nützlichkeit und Verwertbarkeit dreht, ist es ein leider zu wenig beachteter Aspekt.

In den „Toblacher Thesen“, die sich 1998 der Schönheit als Kategorie der Nachhaltigkeit widmeten, wird hierzu ausgeführt:[14]

„Schönheit gehört zu den Grundbedürfnissen der Menschen. In allen Kulturen und in allen Zeiten waren die Dinge des täglichen Lebens mehr als nur Mittel zum Zweck, die Dörfer und Städte mehr als Ansammlungen von Behausungen, die Landschaft mehr als nur Raum zum Nutzen und zu besiedeln. Sie wurden auch nach ästhetischen Notwendigkeiten ausgerichtet. Die scheinbar unnütze Schönheit, das scheinbar Überflüssige war und ist das Notwendige. Die Zerstörung der überlieferten Schönheiten von Natur und Kultur ist eine der Sünden unserer Zivilisation. Die Missachtung des ästhetischen Bedürfnisses in einer zunehmend verschmutzten (verlärmten, ökonomisierten, ergänzen die Autoren) und verbauten Welt und die Entsinnlichung der Wahrnehmung erschweren die Orientierung auf dem Wege zu einer zukunftsfähigen Entwicklung. Ohne Schönheit kein erfülltes Leben.“

Um diesen Exkurs abzukürzen – schließlich wäre zu diesen Fragen eine umfassende philosophische Abhandlung vonnöten – sei festgehalten, dass die Autoren dieses Sondervotums mit dem vorgeschlagenen Grundgesetz einen ganzheitlichen Nachhaltigkeitsbegriff, unter Einbeziehung der Kategorie der Schönheit, verfolgen. In diesem bildet Schönheit und das dazu gehörige „rechte Maß“ einen Gegenpol zur Maßlosigkeit der Ökonomie.

II. Soziale und kulturelle Dimension

Entscheidender Faktor für eine nachhaltige Welt muss Gleichheit sein (Art. 1,6). Ihre Verwirklichung muss zur vollen Absicherung aller Menschen (Art. 2,8) und zu ihrer gleichberechtigten Mitentscheidung führen (Art. 4). Wie selbstverständlich ergibt sich hieraus auch die Sozialverpflichtung des Eigentums, die hier jedoch ausgedehnt wird auf die Beschäftigung, die Armut und auf die erzeugten Produkte sowie die Produktionsweisen (Art. 5).

Wichtigster Beitrag für das Erreichen einer nachhaltigen Entwicklung ist selbstverständlich das Recht auf Arbeit, das schon 1948 in der Allgemeinen Erklärung der Menschenrechte so eindeutig definiert worden ist. Auch der UNO-Ausschuss für wirtschaftliche, soziale und kulturelle Rechte hat erst kürzlich unter Bezugnahme auf dieses Menschenrecht zum 4. Staatenbericht der Bundesrepublik Deutschland empfohlen:

„Der Ausschuss empfiehlt dem Vertragsstaat (Bundesrepublik Deutschland), mit notwendigen Sofortmaßnahmen weiterhin gegen die hohe Arbeitslosigkeit anzugehen, speziell gegen die unter den Jugendlichen und insbesondere die in den Bundesländern mit einer höheren Arbeitslosenquote. Der Ausschuss empfiehlt dem Vertragsstaat auch, Anreize für Jugendliche zu schaffen, damit sie in ihrer Heimatregion bleiben und hier arbeiten.“ Damit hat der Ausschuss sehr richtig erkannt, wie bedeutsam Arbeit für das Selbstwertgefühl der Menschen ist und wie stark der „Globalisierungseffekt“ des innerdeutschen Einigungsprozesses zu menschenrechtlichen Defiziten geführt hat.[15] (6)

Weiteres zentrales Moment für die Verwirklichung der hier skizzierten Essentials einer nachhaltigen Entwicklung ist ihre Vermittlung durch Bildung und Wissenschaft (Art. 7). Der beachtliche Nachholbedarf – fast 90 Prozent der Wahlbevölkerung verbindet mit „Nachhaltigkeit“ keine Vorstellung – ist nur mit Hilfe einer breiten Offensive im Bildungsbereich zu bewältigen. Aber auch den politisch und ökonomisch Herrschenden ist Nachhaltigkeit zumindest in ihren Konsequenzen völlig fremd.

Das Ziel bei der Förderung von Kunst und Kultur (Art. 7) soll keine programmierte Kunstausrichtung sein, die sich vielleicht auch nur oberflächlich in den Dienst einer „guten Sache“ wie der Nachhaltigkeit zu stellen versucht.[16] Die heutige Auffassung von „freier“ Kunst wird respektiert, ihr eigenständiger Beitrag zur Vermittlung von Nachhaltigkeit wird sich von selbst ergeben, wenn Kunst und Kultur vor weiterem Niedergang bewahrt werden; ihre Verbindung und Verknüpfung mit den sozialen und politischen Systemen ist stark genug hierzu.[17]

Um die vielfältigen nötigen Maßnahmen zur Überwindung von Spaltungen der Gesellschaft in Arm und Reich usw. einleiten und durchführen zu können, sind erneut Bildungswesen, kulturelle und politische Institutionen gefordert (Art. 9). Sie haben zur Vermittlung von Toleranz, Solidarität, Integrationsfähigkeit, Gemeinwohlorientierung und von Möglichkeiten der gewaltfreien Konfliktregelung zu sorgen.

[14] Toblacher Gespräche/Thesen „Schönheit – Zukunftsfähig leben“, Toblach, 1998.

[15] UNO-Ausschuss für wirtschaftliche, soziale und kulturelle Rechte, 4. Staatenbericht der Bundesrepublik Deutschland, 2002.

[16] Th. Wieduwilt, persönl. Mitteilung.

[17] Okwui Enwezor, Leiter der Documenta 11, in mobil 05/2002.

Schließlich gehört zu erfülltem und sinnvollem Leben auch die Beschäftigung mit Kunst und Kultur (Art. 10). Ihr in den letzten Jahrzehnten zu beklagender Niedergang im Verhältnis zur steigenden Betonung der Ökonomie bedarf dringend ebenfalls einer Umkehr. Die geistige Entwicklung, die einer konsequent nachhaltigen parallel, besser voran gehen muss, bedarf der Unterstützung durch alle Facetten von Kunst und Kultur. So betrachtet, kann die kulturelle Vielfalt und das Kulturerbe der Völker und Regionen eine Fundgrube sein für die Charakterisierung und Verdeutlichung der Aspekte der Nachhaltigkeit.

Wenn eine nachhaltige Entwicklung dringend der Bildung und der darauf eingestellten Wissenschaft bedarf, dann gilt auch umgekehrt: Bildung und Wissenschaft bedürfen des Aspekts der Nachhaltigkeit – auch zur Vermeidung eines Teufelskreises. Je weniger Nachhaltigkeit, umso weniger Bildung; je weniger Bildung, umso weniger Sinn für Nachhaltigkeit.

Wie dramatisch die Situation ist, zeigt nicht nur die sogenannte Pisa-Studie. Die Regeln der WTO auf der Basis des GATS werden demnächst auch den Bildungsbereich erfassen, denn die EU-Kommission hat für ihre Mitgliedsländer dem Freihandel mit Bildung viel großzügiger zugestimmt als andere Staaten. Dann wird der „Bildungsmarkt“ vom Kindergarten bis zur Erwachsenenbildung noch stärker als bisher den Gesetzen der Ökonomie unterworfen. An derartige Absurditäten der Liberalisierung hat Wolfgang Sofsky in seinem Essay „Abfahrt in die Umnachtung“[18] noch gar nicht denken wollen. Für den Istzustand des Bildungswesens sei hier beispielhaft aus seiner kritischen Analyse, die sich nicht nur auf Deutschland bezieht, zitiert:

„Als Gütekriterium eines Forschungsleiters zählt mittlerweile vor allem die Höhe der eingeworbenen Finanzmittel. Je mehr Geld ihm von Dritten zugebilligt, desto höher seine Reputation und sein reguläres Salär. Ansehen und Einkommen hängen nicht länger vom intellektuellen, sondern vom ökonomischen Kapital ab. Nicht Einfallsreichtum, geistige Konzentration und Originalität sind gefragt, sondern Präsenz im Wissenschaftsbetrieb, unternehmerisches Akquisitionstalent und konformes Projektdesign. Die Erfindung neuer Forschungslücken, genehme Antragsprosa und die Pflege guter Beziehungen treten an die Stelle traditioneller Forschungstugenden...

Die Folgen einer Bildungspolitik ohne Bildung sind absehbar: ein eklatanter Mangel an historischem Weitblick, an sozialer Courage, politischer Urteilskraft, an Sensibilität und Argumentationsfähigkeit. ... Zurückbleiben wird eine Gesellschaft stammelnder Analphabeten, die zwar elektronische Geräte bedienen und hin und wieder ein Patent anmelden können, jedoch weder wissen, woher sie kommen, noch wer sie sind.“

Diese harsche Abrechnung mit der aktuellen Bildungspolitik kann im Kern auch übernommen werden für die aktuelle Nachhaltigkeitspolitik. Im Kapitel 3 wird darauf nochmals Bezug genommen. Das im zweiten zitierten Absatz beschriebene Fachidiotentum, dem die gesellschaftlichen Zusammenhänge undurchschaubar sind und dem jeglicher Überblick über größere Zusammenhänge fehlt, ist eines der Hemmnisse für nachhaltige Entwicklungen. Der zitierte Autor vermag allerdings auch nicht zu sagen, wie denn das Bildungssystem Weitblick (sogar historischen), soziale Courage, politische Urteilskraft, Sensibilität und Argumentationsfähigkeit vermitteln sollte. Für diese dringend benötigte Leistung wird ein neu zu gestaltendes „Bildungssystem der Nachhaltigkeit“ verantwortlich sein müssen, das sich deutlich abhebt von einem, das sich letztlich nur der Ökonomie verpflichtet fühlt.

III. Ökonomische Dimension

Die Artikel zur Ökonomie beschreiben die Aufgaben der Wirtschaft als Institution zur Befriedigung menschlicher Bedürfnisse unter Erhaltung der ökologischen Grundlagen. Die bisherigen Zielvorstellungen der herrschenden Wirtschaftsweise, aber auch diejenigen von – soweit noch vorhanden – staatskapitalistischen Wirtschaftsformen sind grundsätzlich zu korrigieren. Die sogenannten freien Märkte, die Beförderung von Konkurrenz und Wettbewerb sind dazu angetan, Gewinner und Verlierer zu erzeugen, die Separierung von Arm und Reich – lokal und global – zu verstärken und die Zerstörung der Natur zu beschleunigen.

Unter der Zielvorgabe von Gleichheit sind die ökonomischen Rahmenbedingungen für den Erhalt der sozialen Grundlagen und der natürlichen Lebensbedingungen zu schaffen. Erstrangiges Ziel dieser veränderten Rahmenbedingungen muss die Befriedigung der Bedürfnisse aller Menschen sein unter Erhaltung ihrer natürlichen Lebensgrundlagen bei Vollbeschäftigung (Art. 1). Hierzu muss einerseits der Wettbewerb eingeschränkt werden (Art. 2), andererseits müssen auch die ökonomischen Verhältnisse der Generationen zueinander Gleichheit beinhalten (Art. 3). Hieraus folgen wiederum die Maßgaben zur Einkommens- und Vermögensverteilung, die eine Anhäufung von Reichtum wie derzeit in den Händen Privater zu Lasten der öffentlichen Kassen von Bund, Ländern und Gemeinden und zu Lasten des ärmeren Teils der Bevölkerung oder zulasten nachfolgender Generationen unterbinden sollen (Art. 4,5).

Ein wesentliches Instrument dieser ökonomischen Maßgaben ist die Besteuerung und der Abbau von Subventionen für Produkte, Produktionen und Dienstleistungen, die den Erfordernissen der Nachhaltigkeit nicht genügen. Auf diese Weise wird über die Preisbildung die Sozialisation ökologischer und sozialer Schäden vermieden (Art. 6). Es wird eine deutliche Lenkungswirkung entfaltet, die von nicht nachhaltigen Produkten und Verhaltensweisen wegführt hin zu nachhaltigen, zukunftsfähigen, sozialen und ökologischen.

Auch die Rahmenbedingungen der internationalen Ökonomie müssen so gestaltet werden, dass vor allem die vorhandene Aufspaltung in arme und reiche Länder abgebaut und für eine globale Gleichheit und Gleichberechtigung gesorgt wird ohne Verschuldung der Entwicklungsländer (Art. 5).

[18] Neue Zürcher Zeitung, Nr. 46 vom 25.2.2002.

IV. Institutionen

Unter Institutionen verstehen wir Ämter, kommunale, regionale, nationale und internationale Behörden und Einrichtungen sowie alle Regelungen (von Normen über Verordnungen und internationale Vereinbarungen bis zu Gesetzen), welche zur Umsetzung dieses Grundgesetzes beitragen können. Die sieben Artikel hierzu beschreiben die wesentlichen Grundlagen einer nachhaltigen Entwicklung, die mit Hilfe von verschiedenen Institutionen und einer nationalen wie auch internationalen Ordnung geschaffen werden müssen. Diese Ordnung muss garantieren, dass die in diesem Grundgesetz formulierten Bedingungen einer nachhaltigen Entwicklung auch wirklich vollständig umgesetzt werden (Art. 8).

Die mit diesem globalen Grundgesetz beschriebene Welt der Nachhaltigkeit stellt einen Gegenpol dar zum gegenwärtigen Zustand der Welt. Eine Entwicklung auf seiner Basis ist diametral der jetzt ablaufenden Globalisierung der ökonomischen Macht entgegen gesetzt. Die Beachtung der globalen Nachhaltigkeitsartikel führt dagegen zu einer weitreichenden Aufwertung von Menschlichkeit, Gerechtigkeit und Natur. Damit verbunden wäre auch eine Aufwertung von dezentralen, lokalen, regionalen und nationalen Entwicklungsperspektiven, die es gilt global zu verankern. Damit bestünde die Chance, die heute weltweit dominierenden Produktions-, Konsum- und Lebensstile mit ihrem zu hohen Energiebedarf, ihren maßlosen Mobilitätszwängen und -bedürfnissen sowie ihren überdimensionierten Flächeninanspruchnahmen in Schranken zu weisen und grundsätzlich zu verändern.

Energieversorgung unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit

Energie ist ein Lebenselixier wie Luft, Wasser und Nahrung. Demnach muss die Energieversorgung ebenso sichergestellt werden wie die Versorgung mit Wasser und Nahrung und zwar ökonomisch, sozial und ökologisch betrachtet, womit wir bei den drei Dimensionen der Nachhaltigkeit sind.

Dabei bedeutet „ökonomisch sichere Versorgung“, dass Energie zunächst erschwinglich sein muss, allerdings nicht „billig“. Die Umwandlung von Energie darf sich nicht so entwickeln wie die Produktion von Nahrungsmitteln, die heute so billig angeboten werden können, weil in der Landwirtschaft und der Nahrungsmittelindustrie eine jahrzehntelange Rationalisierung zu millionenfachen Arbeitsplatzverlusten – bei gleichzeitiger Zunahme des Energieverbrauchs – geführt hat. Agroindustriell produzierte Pflanzen enthalten beispielsweise mehr fossile Energie als Sonnenenergie. Die Bereitstellung kostengünstiger Energie, die unter Beachtung der Nachhaltigkeitskriterien umgewandelt wurde, ist Basis gesellschaftlicher Produktion. Diese soll es ermöglichen, Güter und Dienste zur Befriedigung menschlicher Bedürfnisse zu produzieren, Arbeitsplätze zu erhalten, ja sogar zu vermehren, und dies bei einem Minimum an ökologischen Schäden.

Sozial sichere Versorgung mit Energie umfasst auch Dienstleistungen der Energieversorger zur Senkung des Energieverbrauchs.

Ökologisch sicher ist die Energieversorgung, wenn sie weder mit Gesundheitsgefahren noch mit Gefahren für die Umwelt insgesamt verbunden ist; dies muss sowohl für den Verbrauch als auch für die gesamte Bereitstellungskette, von der Erzeugung der Primärenergie bis zu den Dienstleistungen, gelten.

Die Übertragung des oben formulierten Grundgesetzes der Nachhaltigkeit auf die derart strukturierte Energieversorgung führt zu folgenden energiepolitischen Leitlinien:

1. Die vielfältigen Möglichkeiten der Nutzung von erneuerbaren Energien müssen auch für nachfolgende Generationen offen gehalten und verbreitert werden. Ihre zunehmende Anwendung, Erforschung und Optimierung ist eine ständige Verpflichtung.

2. Die negativen Begleiterscheinungen der Nutzung von nicht erneuerbaren fossilen Energieträgern, wie Emissionen von Schadstoffen und Anhäufung von Abfällen mit toxischen Eigenschaften müssen kurzfristig deutlich vermindert werden. Die Nutzung von Fließgewässern mit anschließender Kontaminierung und Aufwärmung muss in der kürzest möglichen Zeit aufgegeben werden.

   Atomare Energieträger sind ebenfalls nicht erneuerbar. Wegen der mit ihrer Nutzung verbunden Risiken sind alle atomaren Anlagen schnellstmöglich zu schließen und abzubauen. Die Emissionen von radioaktiven Stoffen und die oberirdische Lagerung hochradioaktiver, hochtoxischer Abfälle von Atomanlagen müssen schnellstens unterbunden werden.

3. Damit müssen Überlastungen oder gar Zerstörungen von Ökosystemen und Beeinträchtigungen ihrer Fähigkeit zur Regeneration und Anpassung verhindert werden. Unterbunden werden müssen die Beeinträchtigungen der menschlichen Gesundheit durch stoffliche Freisetzungen, durch radioaktive bzw. energetische Strahlung und durch Lärm. Unterbunden werden muss die Schädigung der Umwelt als Ganzes und der natürlichen Biodiversität im besonderen.

4. Die Nutzung der nicht erneuerbaren Energieressourcen muss innerhalb einer bis zweier Generationen aufgegeben werden unter Aktivierung sämtlicher Einspar- und Vermeidungspotenziale und unter Nutzung der Anwendungs- und Effizienzpotenziale erneuerbarer Energien.

5. Kultur- und Naturlandschaften bzw. Landschaftsteile von charakteristischer Eigenheit und Schönheit sind zu erhalten; Landes- und Meeresteile mit geringeren Naturbeeinträchtigungen und Bedeutung für den Erhalt der Artenvielfalt oder für einzelne bedrohte Arten sind zu schonen und für die Nachwelt zu erhalten.

6. Die Nutzung der Atomenergie in Spaltungs- und Fusionsreaktoren ist aufgrund der durch ihren Betrieb verursachten Gesundheits-, Lebens- und Schadensrisiken sofort einzustellen. Im übrigen gilt für alle Technologien mit hohen Risikopotentialen und geringer Fehlertoleranz: Rückbau und Vermeidung in kürzestmöglicher Zeit.

7. Der Flächenverbrauch für Verkehrs- und Siedlungsentwicklung ist mit allen Mitteln in kürzestmöglicher Zeit auf Null zu reduzieren.

8. Die bisherige vom motorisierten Individualverkehr (MIV) dominierte Verkehrsstruktur muss grundsätzlich umgebaut werden. Dem öffentlichen Nah- und Fernverkehr, dem Güterverkehr auf der Schiene und dem nicht motorisierten Verkehr muss ein deutlicher politischer und ökonomischer Vorrang eingeräumt werden – zum Schutz von Flächen, Natur, Gesundheit der Menschen, zum Klimaschutz und zur Steigerung der Lebensqualität.

9. Bei allen Entwicklungen ist auf ein der Natur angepasstes Maß zu achten – dies gilt insbesondere für deren Geschwindigkeiten.

10. Nutzungen mit großflächigen Eingriffen in Natur und Landschaft sollen vermieden werden. Stattdessen sollten kleinflächige, dezentrale und arbeitsintensive Nutzungen, die ein Höchstmaß an Bedürfnisbefriedigung, Naturschonung und Beschäftigung ermöglichen, das Ziel sein.

11. Durch die Vielfalt erneuerbarer Energieträger, dezentrale Infrastrukturen und gesellschaftliche Verfügung und Kontrolle über die Verteilungsnetze ist dauerhafte Versorgungssicherheit sicher zu stellen.

12. Alle Angehörigen der Gesellschaft und insbesondere die unmittelbar Betroffenen nehmen an den Entscheidungen der Energiewirtschaft, bei Projekten der Energieversorgung, der Verkehrsinfrastruktur und bei Eingriffen in Natur und Landschaft gleichberechtigt teil.

13. Jeder Mensch hat ein Recht auf eine bedarfsorientierte Sicherung seiner Energieversorgung.

14. Die Preisgestaltung für die Endenergien und energetischen Dienstleistungen müssen sowohl für die Verbraucher als auch für die in der Bereitstellungskette Beschäftigten sozialverträglich sein. Die Sozialisierung sozialer und ökologischer Kosten wird durch den Abbau der Subventionierung von Produktionsprozessen mit fossil-atomaren Energieträgern sowie durch die Besteuerung dieser Prozesse vermieden.

15. Die ökonomischen Institutionen der Energiewirtschaft haben der Befriedigung der energetischen Bedürfnisse der Gesellschaft zu dienen und dabei die ökologischen und sozialen Grundlagen zu erhalten, und

16. Produktionen zulasten nachfolgender Generationen und derzeitiger Beschäftigung sind zu vermeiden. Die Energiewirtschaft hat die Beschäftigung in ihren Betrieben intensiv zu fördern.

17. Sowohl monopolistische Bestrebungen, wie auch überregionale Marktmacht sind zu verhindern.

18. Internationale Kooperationen und Regelungen haben zu erfolgen bei

– der Verhinderung von geopolitischen Zuspitzungen um Ressourcen,
– der Organisation gewaltfreier, ziviler Institutionen zum Schutz von Ressourcen,
– der Verteilungsgerechtigkeit von Ressourcen,
– dem Abbau der militärischen Potentiale und Potenzen (z. B. zur hegemonialen Sicherung von Ressourcen),
– den gemeinsamen Anstrengungen zur Minderung des Ressourcenverbrauchs,
– den gemeinsamen Anstrengungen zur Minderung der Emissionen von Treibhausgasen,
– den gemeinsamen Anstrengungen zur Minderung der negativen Begleiterscheinungen der Nutzung von nichterneuerbaren Energieträgern (Schadstoffemissionen, Natureingriffe),
– den gemeinsamen Anstrengungen zum Schutz vor Radioaktivität bei Emissionen und Abfällen,
– den gemeinsamen Anstrengungen zum Schutz der Wälder,
– den gemeinsamen Anstrengungen zum Schutz der natürlichen Biodiversität und von bedrohten Arten,
– den gemeinsamen Anstrengungen zum vollständigen Schuldenabbau bei den Entwicklungsländern,
– den Anstrengungen aller Länder, ihre Entwicklungshilfe aufzustocken und den Entwicklungsländern die nötigen technischen Hilfen zukommen zu lassen.

Bei Beachtung und Umsetzung dieser Leitlinien wird nach einer Übergangszeit ein nachhaltiger Entwicklungspfad erreicht, der uns von der derzeit dominierenden Produktions- und Konsumweise wegführt. Sie führen uns zu einem erfüllten Leben, zu geschlossenen und schlankeren Stoffkreisläufen, ohne die Freisetzung unerwünschter Schadstoffe, zu Energieverbräuchen, die weder eine Belastung für das Klima noch für Natur und Umwelt darstellen, zur Wiedergewinnung von Freiflächen (durch Entsiegelung), zu einem Leben ohne Mobilitätszwänge.

Dieses Leben in Nachhaltigkeit wird einerseits gekennzeichnet sein durch sparsamen und sinnvollen Rohstoff- und Energieeinsatz. Andererseits wird eine reichhaltige Fülle von Angeboten erneuerbarer Energien existieren, dominiert von den Möglichkeiten, die direkte Sonnenenergie thermisch und elektrisch zu nutzen. Diese Mischung aus Sparsamkeit und Zurückhaltung einerseits, Reichhaltigkeit und Vielgestaltigkeit andererseits durchzieht die gesamte nachhaltige Gesellschaft. In ihrer Beschränkung auf das von der Natur noch Getragene kann sich ein Reichtum von Ideen und Lebensmöglichkeiten entwickeln.

Konkrete Ziele der Energiepolitik der Nachhaltigkeit

Längs der oben dargestellten energiepolitischen Leitlinien lassen sich nun konkrete Ziele für eine Energiepolitik der Nachhaltigkeit formulieren:

1. Wichtigstes Ziel für 2050 ist es, gänzlich unabhängig von nicht erneuerbaren Energieträgern zu werden. Dies

bedarf selbstverständlich einer verstärkten Anwendung aller Formen von Technologien auf der Grundlage erneuerbarer Energien, der Forschung zur Verbesserung der Effizienz, vor allem von Solar- und Biogasanlagen, ohne dabei nichtnachhaltige Effekte auszulösen.

2. Beim Erreichen dieses Ziels würden die bisherigen gravierenden Einträge von versauernden Schadstoffen in die Böden und Gewässer entfallen. In den Jahrzehnten davor muss eine Minderungsstrategie dafür sorgen, dass im ersten Schritt bis 2010 erstmals Waldflächen registriert werden, auf denen die critical loads für den Eintrag von Säuren und von Stickstoff deutlich unterschritten werden (ca. 20 % der untersuchten Flächen). Auch die critical levels für Ozon sollten bis 2010 auf wenigstens 20 % der untersuchten Flächen nicht überschritten werden.

   Durch die schnellstmögliche Stillegung sämtlicher Atomanlagen wird die weitere Anhäufung von radioaktiven Abfällen sämtlicher Kategorien unterbunden. Die oberirdische Lagerung von radioaktiven Abfällen aus Atomanlagen ist bis spätestens 2050 zu beenden und zwar im Einvernehmen mit der betroffenen Bevölkerung und unter Heranziehung der Verursacher-Unternehmen bei den Beseitigungskosten.

   Die Nutzung von Fließgewässern zur Kühlung bzw. zur Einleitung von Schadstoffen muss bis spätestens 2030 auf strikte Kreislaufführung und Rückkühlung umgestellt sein. Ziel muss ein Gewässerzustand sein mit mindestens 80 % Güteklasse I (unbelastet bis sehr gering belastet) und maximal 20 % der Gewässerlänge mit Güteklasse I-II (gering belastet).

3. Die Schutzgebiete (Biosphärenreservate, Nationalparks, FFH-Gebiete und Naturschutzgebiete) sind der Fläche wie der Zahl nach zu vergrößern. Ziel sollte eine durchschnittliche Gesamtfläche des Bundesgebiets von 20 % sein. Ihr Schutz ist konsequent zu gestalten, eine Veräußerung an Private sofort einzustellen. Gravierende Eingriffe in Natur und Fläche für Anlagen der Energieversorgung bzw. für Infrastrukturen des Verkehrs haben künftig zu unterbleiben, da kaum noch Möglichkeiten zum Ausgleich existieren. Der Flächenverbrauch ist bis spätestens 2030 auf ein Gleichgewicht zwischen Bedarf und Entsiegelung zu reduzieren.

   Wälder, Wiesen und landwirtschaftlich genutzte Flächen sind bis 2010 zu 30 %, bis 2030 zu 70 % , schließlich bis 2050 zu 100 % nach ökologischen Kriterien zu bewirtschaften.

   Mit all diesen Maßnahmen soll endlich das auch in Deutschland voranschreitende Artensterben bei Tieren und Pflanzen wenigstens verlangsamt, wenn nicht von Fall zu Fall gestoppt werden. Dies bedeutet allerdings auch, dass Flächen zur Nutzung für erneuerbare Energieträger nur dann zur Verfügung stehen, wenn zweifelsfrei mögliche Beeinträchtigungen ausgeschlossen sind.

   Die Emissionen krebserregender Stoffe aus dem Verkehrsbereich, aber auch aus dem industriellen Bereich, einschließlich der Energieversorgung sind bis 2010 vollständig zu unterbinden.

   Die Belastung der Bevölkerung durch Lärm, insbesondere Verkehrslärm von Straße, Schiene und aus der Luft ist durch eine breit angelegte Lärmminderungsoffensive in 5-Zehnjahresschritten so zu reduzieren, dass keine berechtigten Klagen aus der Bevölkerung mehr zu registrieren sind. Hierbei sollen vor allem aktive Maßnahmen an den Quellen und verkehrspolitische Umstrukturierungen (Privilegierung des nichtmotorisierten sowie des öffentlichen Verkehrs, Güter auf die Schiene, Verringerung der innerdeutschen Flüge, Nachtflug- und Nachtfahrverbote etc.) vorgenommen werden.

4. Einspar- und Vermeidungspotenziale sind in allen Sektoren zu ermitteln und schnellstens auszuschöpfen. Auch die Möglichkeiten auf energiereiche Produkte, Zwischenstufen, Verfahren und Verhaltensweisen zu verzichten, sind voll und ganz zu nutzen.

   Gleichzeitig sind die erneuerbaren Energien auszubauen und ihre Effizienz zu verbessern. Insbesondere die Nutzung von Solarenergie auf Hausdächern und an Fassaden sowie die von Biogas aus landwirtschaftlichen Abfällen muss forciert werden. Ebenso müssen Architekturen und Siedlungsstrukturen gefördert werden, die einer architektonischen Nutzung der Sonnenenergie und dem Lebens- und Arbeitsort mit kurzen Wegen dienen. Bei Nutzungen von Wind-, Wasser- und Biomasse-Energie müssen die Notwendigkeiten des Natur- und Artenschutzes beachtet werden; Klimaschutz durch erneuerbare Energieträger ist mit dem Arten- und Naturschutz gleichrangig. Doch Natur- und Artenschutz ist immer flächenbezogen und muss daher im Bereich dieser Flächen vorrangig sein. Nur eine solche ökosystemare Betrachtung wird dem Schutz unserer Lebensgrundlagen gerecht.

5. Zum Schutz von Arten und der Artenvielfalt sind weitere Durchschneidungen von verkehrsarmen Räumen zu unterlassen.

6. Technologien mit hohen Gefährdungs- und Zerstörungspotenzialen einerseits und geringen Fehlertoleranzen andererseits sind schnellstens aufzugeben, ihre bestehenden Anlagen zurückzubauen. Hierzu gehören alle atomenergetischen Verfahren, Stufen der Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoffen, Stufen der Verarbeitung und Konditionierung von Kernbrennstoffen, Gewinnung von Kernbrennstoffen, sowie die Spaltungs- und Fusionsreaktoren selbst.

7. Der Flächenverbrauch für Verkehrs- und Siedlungsentwicklung liegt derzeit in Deutschland bei etwa 130 ha pro Tag. Wertvolle Natur- und Landwirtschaftsflächen gehen dabei verloren. In kürzestmöglicher Zeit muss dieser Naturverbrauch auf ein Gleichgewicht zwischen entsiegelten, zurückgewonnenen Flächen und einem maßvollen Verbrauch reduziert werden.

8. Zur grundsätzlichen Veränderung der Verkehrsstrukturen sollte bis 2005 ein Moratorium beim Bundesfernstraßenbau verhängt werden. Bis 2020 muss das bundesweite Schienennetz einen Ausbauzustand und einen Vernetzungsgrad nach Vorbild der Schweiz aufweisen. Hierzu sind noch existierenden Schienenverbindungen sowohl für Personen- wie auch Güterverkehr zu reaktivieren. Die Attraktivität des öffentlichen Verkehrs ist bis 2010 durch Tarifgestaltung, Sonderangebote (wie z. B. Wochenende-Tickets, „Halbtax-Abos“ wie in der Schweiz, usw.), Fahrkomfort, Bahnhofs- und Bahnsteigkomfort, Pünktlichkeit und Umsteigemöglichkeiten zu maximieren. Desgleichen ist für den Güterverkehr auf der Schiene die nötige Kapazität zu schaffen und die Logistik zu verbessern. Mit diesen Vorarbeiten muss es ermöglicht werden, den Modalsplitt bis 2030 auf 50 % beim Personenverkehr und auf 30 % beim Güterverkehr zu steigern.

9. Sowohl die Struktur der Energieversorgung und ihre maximale Dezentralität als auch ihre Ökonomie und die Preisgestaltung haben vor allem der Befriedigung der gesellschaftlichen Energiebedürfnisse unter Sicherung der natürlichen Lebensgrundlagen sowie der Bereitstellung, Sicherung und Vermehrung von Arbeits- und Ausbildungsplätzen zu dienen.

   Die Beschäftigung in der gesamten Energiewirtschaft und den mit ihr verbundenen Wirtschaftssektoren (wie z. B. die Bauwirtschaft) ist bis 2010 wieder auf den Stand von 1990 zu bringen. Dazu sind Arbeitszeitverkürzungen und Angebote qualifizierter Beschäftigungsalternativen in einem öffentlichen Beschäftigungssektor notwendig. Bis 2010 muss auch der gesetzliche Rahmen vorliegen, um Unternehmensgewinne auf Kosten von Arbeitsplätzen und Beschäftigungsstrukturen zu verhindern.

10. Die gesellschaftliche Verfügung und Kontrolle über die Verteilungsnetze der Energieträger ist schnellstens sicherzustellen. Das gleiche gilt auch für die Mitentscheidung der Mitglieder der Gesellschaft einschließlich der unmittelbar Betroffenen bei den Entscheidungen der Energiewirtschaft und bei der Gestaltung von Projekten der Energieversorgung und der Verkehrsinfrastruktur.

11. Über die Aufstockung der Entwicklungshilfe bis 2005 auf die berühmten, vereinbarten 0,7 % des Bruttoinlandsprodukts und über parallel laufende technische Hilfsmaßnahmen müssen den Entwicklungsländern bis 2010 die Grundlagen geschaffen werden für eine dezentrale, kulturell angepasste Energieversorgung mit erneuerbaren Energieträgern. Die Finanzierung, Planung und Ausführung von Naturzerstörenden Anlagen der Energiewirtschaft – wie Fördereinrichtungen, Pipelines, Staudämme, usw. – in Regenwäldern, Zonen hoher Biodiversität, in Naturschutzgebieten oder Nationalparks und in Landesteilen mit bedrohten Arten bzw. in solchen mit anderen Schutzgütern – sind sofort zu unterbinden.

12. Die Restbestände tropischer und borealer Regenwälder, borealer Urwälder und bisher kaum genutzter Waldbestände müssen unter internationalen Schutz gestellt werden. Mit scharfen Sanktionen müssen Staaten und Konzerne belegt werden, die diesen Schutzstatus unterlaufen. Alle übrigen Wälder müssen nachweislich bis 2010 auf eine nachhaltige Nutzung umgestellt werden und zwar mit ausreichendem Schutz bedrohter Arten und der Artenvielfalt.

3 Geopolitische, internationale und europäische Entwicklungstrends[1, 2]

3.1 Globale Entwicklungstrends

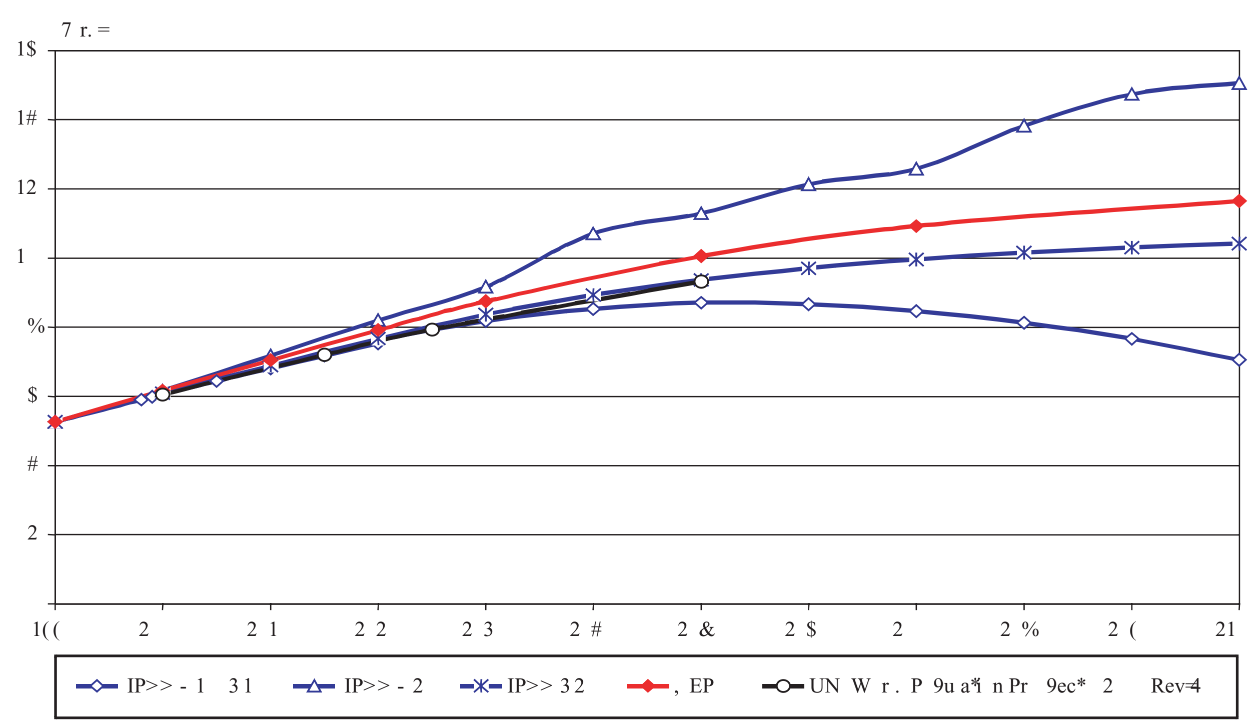
3.1.1 Demographische Entwicklung

(297) Eine der wesentlichen Bestimmungsgrößen für Energiepolitik im globalen Maßstab bildet die demographische Entwicklung. Die Trends beim Bevölkerungswachstum sind in globaler Hinsicht eindeutig, ergeben sich jedoch aus sehr unterschiedlichen Entwicklungen in den verschiedenen Weltregionen.

(298) Die in verschiedenen Szenarien errechnete Bandbreite der globalen Bevölkerungsentwicklung bis zum Jahr 2050 reicht von knapp 9 bis zu über 11 Mrd. Menschen, wobei sich die meisten Projektionen in einem relativ engen Band von 8,5 bis 9,5 Mrd. Menschen bewegen. Für den – in erheblichem Maße spekulativen – Zeitraum nach 2050 zeigen die Projektionen stark divergierende Entwicklungen: Sowohl ein nahezu ungebrochenes globales Bevölkerungswachstums als auch ein stark verringertes Wachstum oder ein Rückgang der Weltbevölkerung werden für den Zeitraum nach 2050 für plausibel gehalten, vor allem als Folge der wirtschaftlichen Entwicklung in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts.

Abbildung 3-1

Globales Bevölkerungswachstum in verschiedenen Projektionen, 1990 bis 2100



Quellen: IPCC (2000a), Nakicenovic u. a. (1998), UN (2001), Berechnungen des Öko-Instituts

---

[1] Minderheitsvotum der Kommissionsmitglieder von CDU/CSU und FDP: Da die Schlussfolgerungen sich zum Teil jeglicher sachlicher Basis entziehen und nicht im direkten Zusammenhang zu den ersten Teilen des Kapitels stehen, tragen die Kommissionsmitglieder von CDU/CSU und FDP dieses Kapitel nicht mit – vgl. hierzu Minderheitsvotum, insbesondere Kapitel 3.

[2] Minderheitsvotum des Kommissionsmitglieds der Fraktion der PDS einschließlich des von ihr benannten Sachverständigen Prof. Dr. Jürgen Rochlitz zu Kapitel 3 siehe am Ende des Kapitels.

(299) In den verschiedenen Regionen und Ländergruppierungen ergeben sich jedoch sehr unterschiedliche Trends.[3]

Die Bevölkerungsentwicklung in den hoch entwickelten Industriestaaten fällt deutlich auseinander. Während zum Beispiel für Nordamerika und Australien bis 2050 noch eine starke Bevölkerungszunahme prognostiziert wird (30 bis über 40 %), stagniert die Entwicklung in Nord- und Westeuropa (mit erheblichem Rückgang in einzelnen Staaten). In Europa, den ehemaligen Ostblockstaaten und Japan wird mit einem signifikanten Schrumpfen der Bevölkerung gerechnet (bis über 20 %). Vor allem in den Regionen mit stagnierender oder sinkender Einwohnerzahl geht dies mit einer starken Verschiebung der Altersstruktur einher. In vielen dieser Staaten werden ältere Menschen bis 2050 die Mehrzahl der Bevölkerung stellen, mit nicht vernachlässigbaren Folgen für die Gesellschaft (z. B. hinsichtlich der sozialen Sicherungssysteme, aber auch in Bezug auf Lebensstile und Innovationsaufnahme).

Für die übergroße Mehrheit der Schwellen- und Entwicklungsländer in Lateinamerika, Asien und Afrika ist von erheblichen Bevölkerungszuwächsen auszugehen (um über die Hälfte, in einigen Staaten Verdoppelungen und mehr). Hervorzuheben ist dabei, dass unter den Staaten mit derzeit dynamischer Entwicklung allein für China eine Stabilisierung bzw. Abnahme der Bevölkerung angenommen werden kann. Indien wird im Jahr 2050 hinsichtlich der Einwohnerzahl mit 1,6 Mrd. Menschen China (1,4 Mrd.) deutlich hinter sich gelassen haben. Besonders groß könnte jedoch die Bevölkerungszunahme im wirtschaftlich schwachen Afrika ausfallen, das zudem von Klimaänderungen und Epidemien wie AIDS besonders stark betroffen sein wird. Mit Blick auf die Entwicklungsländer muss jedoch ausdrücklich darauf hingewiesen werden, dass entsprechende Phasen starken demographischen Wachstums auch alle Industriestaaten durchlaufen haben; es ist das Resultat der Überlagerung von traditionell hohen Geburtenraten mit verbesserten medizinischen Verhältnissen und einer steigenden Lebenserwartung.

Auch die in der OPEC zusammengeschlossenen Erdöl- und Erdgas-Exportländer stehen vor erheblichen demographischen Herausforderungen: Ganz überwiegend müssen sie ein beträchtliches Bevölkerungswachstum von 50 bis zu 180 % politisch und wirtschaftlich bewältigen.

(300) Mit Ausnahme Europas, der Transformationsstaaten und Japans wird damit die Nachfrage nach Energiedienstleistungen in allen anderen Weltregionen allein aufgrund des Bevölkerungswachstums erheblich steigen, wobei dies sowohl hoch entwickelte Industriestaaten (Nordamerika, Australien etc.) als auch Schwellenländer (Lateinamerika, Südostasien) und die allermeisten Entwicklungsländer betreffen wird. Das erhebliche Bevölkerungswachstum, vor allem in den Schwellen- und Entwicklungsländern, wird das wirtschaftliche und soziale Entwicklungsmanagement auch vor dem Hintergrund möglicherweise wachsender sozialer Spannungen vor neue Herausforderungen stellen.

(301) Eine wichtige Entwicklung ergibt sich hinsichtlich der Urbanisierungstendenzen einerseits und der spezifischen Problematik der ländlichen Regionen andererseits. Die Zahl der in Städten lebenden Menschen wird sich bis zum Jahr 2025 von ca. 2,4 Mrd. auf 5 Mrd. verdoppeln. Dieser explosionsartige Zuwachs wird sich dabei vor allem in den Städten der weniger entwickelten Länder vollziehen.[4] Die Bereitstellung von ausreichenden Energiedienstleistungen für die Stadtbewohner und ihre wirtschaftliche Betätigung stehen dabei vor anderen ökologischen, wirtschaftlichen und sozialen Herausforderungen als die Versorgung ländlicher Gebiete ohne ausreichenden Zugang zu Energieträgern. In den letzten zwanzig Jahren hat sich trotz einer beachtlichen Anzahl von Neuversorgungen (ca. 800 Mio. Menschen) aufgrund des Bevölkerungswachstums die Zahl der vor allem mit Elektrizität unterversorgten Menschen (2 Mrd. Menschen) nicht wesentlich geändert.[5] Die Nachhaltigkeit städtischer Energieversorgung in Entwicklungsländern bildet so ein paralleles und gesondertes Handlungsfeld zur Nachhaltigkeit ländlicher Räume in diesen Ländern.

3.1.2 Wirtschaftliche Entwicklung

(302) Sowohl für die Nachfrage nach Energiedienstleistungen als auch für die verfügbaren Handlungskapazitäten, aber auch für energierelevante soziale und politische Herausforderungen bildet die Entwicklung des Bruttoinlandsprodukts (BIP) eine wichtige Leitgröße und einen quantifizierbaren Indikator.[6]

(303) Die Annahmen zur Entwicklung des BIP streuen in den verschiedenen Projektionen – abhängig von der Philosophie („Storyline“) der jeweiligen Projektion – in erheblichem Maße. Ausgehend von einem weltweit durchschnittlichen BIP von ca. 4 000 US-$ je Einwohner im Jahr 1990 ergeben sich verschiedene Varianten. Im Jahr 2020 wird danach (in Preisen von 1990) ein BIP je Einwohner in der Bandbreite von 5 000 bis 8 500 US-$ erwartet, für das Jahr 2050 ergeben sich Varianten von 7 200 US-$/EW bis 21 500 US-$/EW:

– In den Projektionen von IIASA/WEC (1998) bewegt sich das BIP je Einwohner in der Bandbreite von 7 200 bis 10 000 US-$ im Jahr 2050 (reale Preise), wobei für das einem Referenzfall am nächsten kommende

---

[3] Die Datengrundlage für diese Trendanalyse bildet die aktuellste Projektion des UN World Population Prospects (UN 2001), das für die den meisten Energieszenarien zu Grunde liegenden Annahmen repräsentativ ist.

[4] BMVBW (2000).

[5] UNDP et al (2000).

[6] Die nachfolgenden Analysen für diesen Indikator sind jedoch mit zwei Einschränkungen versehen. Erstens ist das BIP zumindest hinsichtlich seiner Eignung als Messgröße für Wohlstand umstritten, zweitens stehen stark aggregierte BIP-Analysen vor dem Problem, unterschiedliche Entwicklungen, d. h. auch Verteilungsfragen zwischen Ländern in den hier betrachteten Großregionen wie auch innerhalb einzelner Gesellschaften nicht ausreichend abbilden zu können.

Kasten 3-1

Energiepolitisch relevante demographische Entwicklungen in den verschiedenen Staaten und Weltregionen

Im energiepolitischen Kontext sind die folgenden prognostizierten Entwicklungen in den *entwickelten Industriestaaten* besonders hervorzuheben:

- In *Nordamerika*, vor allem in den USA und Mexiko, wird sich ein fortgesetztes Bevölkerungswachstum einstellen (hohe Geburtenraten, Zuwanderung), das bis zum Jahr 2050 zu einer Bevölkerungszunahme um 41 % führt. In den USA werden damit im Jahr 2050 insgesamt 397 Mio. Menschen leben (derzeit 285), in Kanada 40 Mio. (derzeit 31).
- In *Nord- und Westeuropa* wird sich im gleichen Zeitraum eine etwa stagnierende Bevölkerungszahl ergeben (jeweils Schrumpfung um 2 %). Der Rückgang der Bevölkerung in den baltischen Staaten (Estland – 46 %, Lettland – 28 %, Litauen – 19 %) ist erheblich. Es dominiert nach dieser Projektion vor allem der Rückgang der deutschen Bevölkerung (12 %) von 82 auf 71 Mio. Menschen. Von aktuell 278 Mio. Einwohnern in Nord- und Westeuropa steigt die Bevölkerung danach auf ca. 280 Mio. (2025) an und geht bis 2050 auf 263 Mio. zurück
- Für *Ost- und Südeuropa* wird ein erheblicher Rückgang der Bevölkerung prognostiziert (– 27 bzw. – 19 %). In Südeuropa dominieren vor allem die drastischen Rückgänge in Italien (– 25 %) und Spanien (– 22 %). In Osteuropa sind durchgängig Rückgänge zu berücksichtigen (Russische Föderation – 28 %, Ukraine – 40 %, Polen – 14 %). Von derzeit 145 Mio. Menschen in Südeuropa ginge die Bevölkerung auf 137 Mio. (2025) bzw. etwas über 117 Mio. (2050) zurück. In Osteuropa vollzieht sich nach dieser Projektion ein Rückgang von heute 304 Mio. über 266 Mio. (2025) auf ca. 223 Mio. (2050).
- In den *pazifischen OECD-Staaten* wird für Australien und Neuseeland von einem erheblichen Bevölkerungswachstum (35 %) ausgegangen, für Japan dagegen von einem signifikanten Rückgang (– 14 %). Die Einwohnerzahl Australiens und Neuseelands steigt damit von heute 23 Mio. über 28 Mio. (2025) auf 31 Mio. (2050). Die japanische Bevölkerung schrumpft von derzeit 127 Mio. über 124 Mio. (2025) auf nur noch 109 Mio. Menschen im Jahr 2050.

In den *Schwellen- und Entwicklungsländern* ergeben sich die folgenden Schlüsselentwicklungen:

- Für *Mittelamerika* wird eine erhebliche Bevölkerungszunahme prognostiziert (63 % bis 2050), die vor allem von der Entwicklung in Mexiko bestimmt wird. Für Südamerika wird eine Zunahme der Einwohnerschaft um 55 % angenommen, dominierend dabei ist vor allem die Bevölkerungszunahme in Brasilien, Kolumbien und Argentinien. In Lateinamerika und der Karibik wird sich damit die Bevölkerung von heute 518 Mio. Menschen auf knapp 700 Mio. (2025) bzw. 805 Mio. in 2050 erhöhen.
- Die Entwicklung im *südlichen Asien* wird vor allem durch die Bevölkerungszunahme in Indien geprägt, wo bis 2050 ein ungebrochenes Wachstum von insgesamt 56 % prognostiziert wird, so dass sich die indische Bevölkerung von heute ca. 1 Mrd. Menschen auf 1,6 Mrd. im Jahr 2050 vergrößern dürfte. Aber auch Staaten wie Bangladesh werden im gleichen Zeitraum um über 93 % wachsen, so dass hier im Jahr 2050 über 265 Mio. Menschen wohnen werden.
- In *Südostasien* wird die Bevölkerungszunahme von über 50 % bis 2050 vor allem durch das Wachstum Indonesiens geprägt (47 %). 2050 würden damit im gesamten südostasiatischen Raum ca. 800 Mio. Menschen leben (heute gut 520 Mio.).
- Die Entwicklung in *Ost-Asien* ergibt sich vor allem aus den Trends in China. Für den Zeitraum bis 2025 wird hier ein Wachstum der Bevölkerung auf 1,47 Mrd. angenommen (Stand derzeit 1,28 Mrd.), danach gehen die Projektionen von einer Stabilisierung bei 1,46 Mrd. Menschen aus.
- Das größte Bevölkerungswachstum – bei allerdings erheblichen Unsicherheiten (HIV etc.) – wird dem Kontinent *Afrika* zugerechnet. Von heute knapp 794 Mio. Menschen wird hier mit einer Zunahme bis 2025 auf 1,36 Mrd. Menschen und bis 2050 auf 2 Mrd. gerechnet, über den Gesamtzeitraum entspricht dies einer Zunahme von 152 %. Die einzige afrikanische Region mit erheblichen Bevölkerungsrückgang ist dabei das südliche Afrika. In Südafrika selbst steigt zwar die Einwohnerzahl von derzeit 50 Mio. Menschen bis 2050 auf ca. 57 Mio., gleichzeitig beträgt die Unsicherheit in der Bevölkerungsprojektion etwa 40 % nur aufgrund von AIDS.

noch Kasten 3-1

Die Trendprognosen für die wichtigsten *Erdöl und Erdgas produzierenden Länder* im Bereich der OPEC ergeben folgendes Bild:

- Für die Bevölkerung des wichtigsten Erdölexporteurs *Saudi-Arabien* wird von einer Fortsetzung des massiven Bevölkerungszuwachses ausgegangen. Die Bevölkerung von derzeit 20 Mio. wird sich bis zum Jahr 2050 fast verdreifachen, auf ca. 59 Mio. Einwohner.
- Ebenfalls drastisch wird der Bevölkerungszuwachs für den *Irak* eingeschätzt, wo sich die Einwohnerzahl von 23 Mio. im Jahr 2000 auf 40 Mio. in 2025 und 54 Mio. im Jahr 2050 (133 %) erhöhen könnte. Für den *Iran* beträgt der prognostizierte Zuwachs 73 %, von derzeit 70 Mio. auf 99 Mio. im Jahr 2025 und 121 Mio. im Jahr 2050.
- Für *Algerien* als wichtigen Öl- und Gasproduzenten Nordafrikas wird ein Wachstum der Bevölkerung von 69 % bis 2050 errechnet, von heute ca. 30 Mio. Menschen wird die Einwohnerzahl bis 2025 auf über 42 Mio. und bis 2050 auf über 50 Mio. Menschen steigen.
- Auch für *Venezuela* als südamerikanischen Großexporteur von Kohlenwasserstoffen wird ein massives Bevölkerungswachstum prognostiziert, von derzeit 24 Mio. Menschen auf 35 Mio. im Jahr 2025 und über 42 Mio. im Jahr 2050 (74 %).

Szenario B der untere Wert in Ansatz kommt. Insgesamt entspricht dies einer mittleren einwohnerbezogenen Wachstumsrate für die Periode von 1990 bis 2050 von weltweit 1,0 bis 1,6 % im Jahr.

- In den aktuellen Emissions-Szenarien des IPCC (2000) ist die Bandbreite deutlich höher und reicht von 7 200 bis 21 000 US-$ je Einwohner, wobei im mittleren Wachstumsszenario B1 das BIP im Jahr 2050 ca. 16 000 US-$ je Einwohner beträgt. Über die gesamte Zeitspanne von 1990 bis 2050 entspricht dies einem mittleren einwohnerbezogenen Wachstum von 1,1 bis 1,8 %, im Szenario B1 ca. 2,3 % im Jahr.
- Die nur bis zum Jahr 2020 reichende Projektion der EIA (2001) geht von einem mittleren jährlichen Wachstum des BIP je Einwohner von 1,8 % (Referenzfall) aus, als niedrige Variante wird mit 0,9 % und in der hohen Variante mit 2,6 % gerechnet. Das BIP je Einwohner beträgt damit im Jahr 2020 zwischen 5 200 und 8 500 US-$/EW (Referenzfall 6 700 US-$/EW).
- Die Projektion der IEA/OECD (2000) unterstellt bis zum Jahr 2020 ein mittleres Wachstum des BIP je Einwohner von ca. 1,9 %, dies führt zu einem BIP je Einwohner von ca. 6 900 US-$/EW.

(304) Im Zeithorizont bis 2050 verdeutlicht Abbildung 3-2, dass für die Projektionen vier Szenariengruppen zusammengefasst werden können:

- Eine erste Gruppe unterstellt bis zum Jahr 2050 weltweit einen Anstieg des BIP je Einwohner auf ca. 7 000 US-$,
- eine zweite Gruppe unterstellt 10 000 bis 11 000 US-$,
- ein Szenario erreicht Werte von ca. 15 600 US-$ und
- die Gruppe der hohen Projektionen liegt bei ca. 20 000 US-$.

Im für die Arbeiten der Enquete-Kommission relevanten Zeitraum bis 2050 ergeben sich damit hinsichtlich der einwohnerspezifischen BIP-Entwicklungen Unsicherheiten um etwa den Faktor 2.

Auch für die Entwicklung des BIP je Einwohner ergeben sich nach 2050 wachsende Unsicherheiten, die sich in zunehmenden Bandbreiten der Projektionen niederschlagen; sie liegen zwischen 16 000 und 75 000 US-$ je Einwohner!

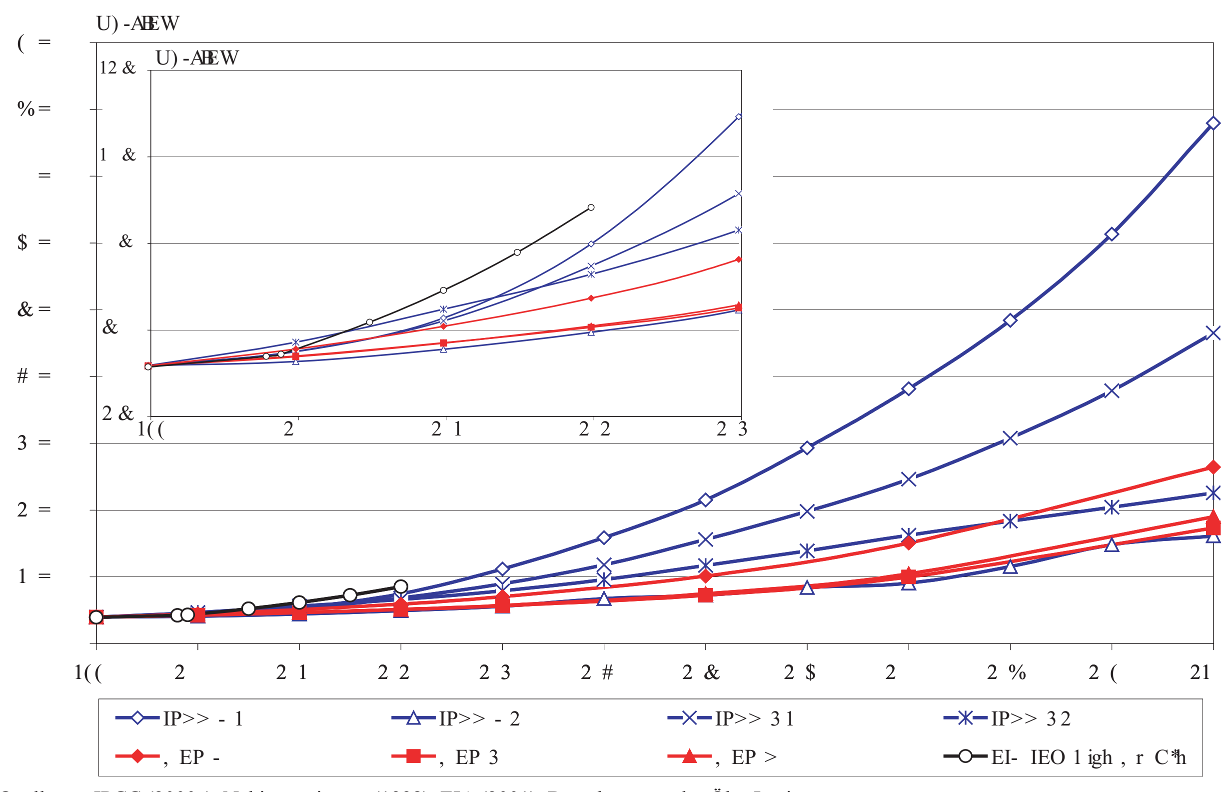
(305) In der regionalen Differenzierung, insbesondere zwischen den Industriestaaten einerseits und den Schwellen- und Entwicklungsländern andererseits, ergeben sich jedoch noch weitaus größere Unterschiede. Abbildung 3-3 zeigt dies exemplarisch an der Entwicklung des BIP je Einwohner in den Großregionen Asien sowie Afrika und Lateinamerika, jeweils im Vergleich zur Entwicklung der OECD-Staaten.

So wird nur im A1-Szenario und – mit Abstrichen – in den B-Szenarien des IPCC unterstellt, dass es gelingt, die Schere zwischen den Entwicklungs- und Industriestaaten zu schließen. Im Jahr 2050 soll danach in den asiatischen Nicht-OECD-Staaten das BIP je Einwohner bei Werten von ca. 30 % (IPCC A1) bzw. etwa 20 % (Szenarien IPCC B1 und B2) des dann erreichten OECD-Niveaus liegen. In Afrika und Lateinamerika werden zwar etwas höhere Werte (bis zu 35 %) erreicht, angesichts des dreifach höheren Ausgangsniveaus von etwa 8 % des OECD-Wertes ergeben sich für diese Region letztlich jedoch deutlich pessimistischere Einschätzungen.

Alle anderen Szenarien sind diesbezüglich deutlich zurückhaltender. Zumindest bis zum Jahr 2050 wird danach nur mit einer geringfügigen Schließung der Schere zwischen Industrie- und Entwicklungsländern gerechnet. Zwischen 1990 und 2050 wird hier durchgängig davon ausgegangen, dass sich das BIP-Niveau je Einwohner in Asien gegenüber der OECD von ca. 3 auf 7 bis 13 % erhöht, für die Großregion Afrika und Lateinamerika steigt

Abbildung 3-2

Entwicklung des BIP je Einwohner nach verschiedenen Projektionen, 1990 bis 2100



Quellen: IPCC (2000a), Nakicenovic u.a. (1998), EIA (2001), Berechnungen des Öko-Instituts

das BIP je Einwohner von 8 auf maximal 17 % des zukünftigen BIP-Niveaus der OECD.

(306) Angesichts des weiterhin stark steigenden BIP-Niveaus in den OECD-Staaten sind jedoch solche relativen Betrachtungen nur begrenzt aussagekräftig. Vergleicht man die Daten der beiden Großregionen Asien sowie Afrika und Lateinamerika mit dem BIP-Niveau der OECD-Staaten von 1990 so ergibt sich ein erheblich abweichendes Bild:

– Im Wachstumsszenario A1 des IPCC erreicht das BIP je Einwohner in Asien etwa 80 % sowie in Afrika und Lateinamerika über 90 % des OECD-Wertes von 1990. Dies entspricht ca. 15 000 bis 18 000 US-$ im Vergleich zum Ausgangswert von 19 000 US-$ je Einwohner für die OECD im Jahr 1990.

– In den B-Szenarien des IPCC steigt der Wert immerhin noch auf nahezu 50 % (Asien) bzw. über 70 % (Afrika und Lateinamerika, hier jedoch nur B2) an, entsprechend 9 000 bis 14 000 US-$.

– In allen anderen Szenarien schwanken die entsprechenden Vergleichswerte zwischen 14 % (IPCC A2) und über 29 % (GEP A1-3) für Asien und zwischen 17 (GEP B) und 36 % (IPCC B2) für Afrika und Lateinamerika. Das BIP je Einwohner liegt damit in diesen Regionen im Jahr 2050 bei 2 600 bis 5 500 US-$ (Asien) bzw. 3 300 bis 6 900 US-$ (Afrika und Lateinamerika).

(307) Angesichts der Ausgangswerte von ca. 500 US-$ (Asien) bzw. 1 600 US-$ je Einwohner (Afrika und Lateinamerika) sind diese Steigerungen – insbesondere vor dem Hintergrund der Bevölkerungsentwicklung in diesen Regionen – zwar erheblich, relativieren sich jedoch auch im Vergleich mit den historischen Vergleichswerten der OECD: Im Jahr 1960 lag das BIP je Einwohner in der OECD bei etwa 8 800 US-$ je Einwohner und im Jahr 1970 bei etwa 13 500 US-$ (wie alle Szenarienangaben jeweils in Preisen von 1990).

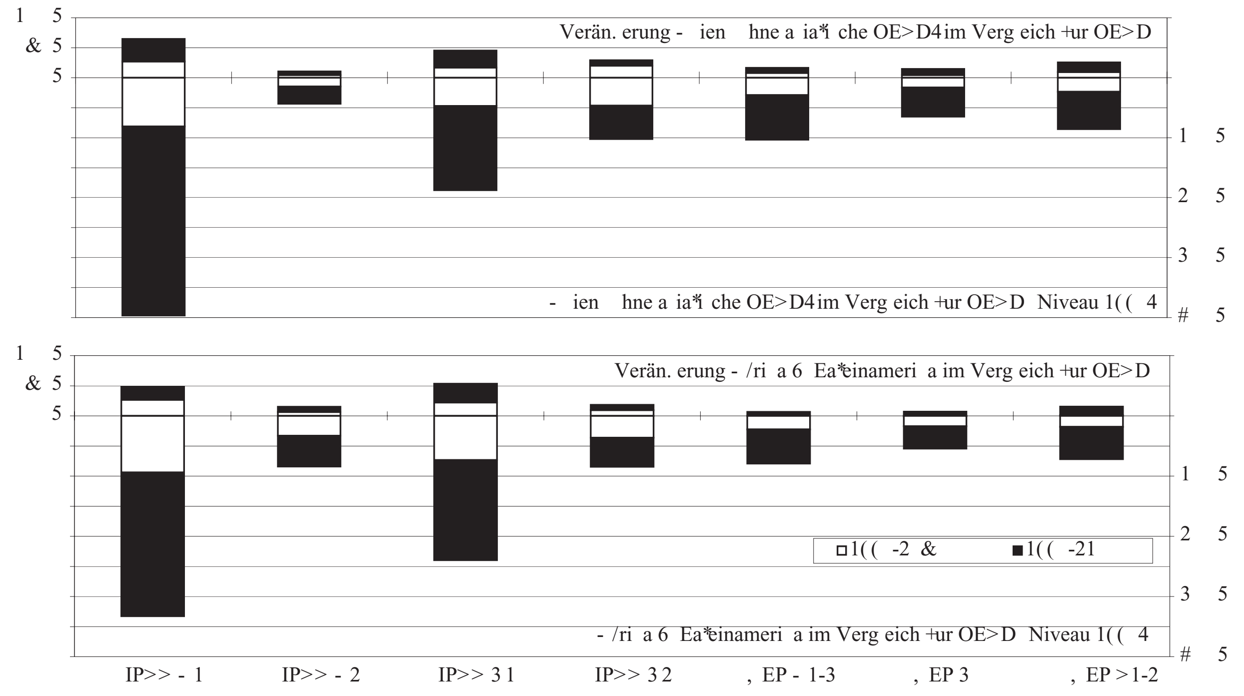
(308) Auch wenn einige Szenarien nach 2050 von einer weiteren und teilweise stärkeren Angleichung ausgehen, macht diese Übersicht deutlich, dass die Welt auch in den nächsten Dekaden von erheblichen wirtschaftlichen Ungleichgewichten geprägt sein wird und dass selbst das wirtschaftliche Niveau der OECD aus den sechziger und siebziger Jahren des letzten Jahrhunderts für viele Regionen nur schwer erreichbar sein könnte.

Vor dem Hintergrund des absehbaren Trends, dass einige Staaten Südostasiens in den Kreis der Industriestaaten aufschließen und einige asiatische und südamerikanische Staaten ebenfalls deutliche wirtschaftliche Entwicklungserfolge erzielen können, werden die Ungleichgewichte zunehmend auch innerhalb der einzelnen Großregionen an Bedeutung gewinnen.

Abbildung 3-3



Entwicklung des BIP je Einwohner in den Großregionen Asien und Afrika/Lateinamerika nach verschiedenen Projektionen im Vergleich zur OECD, 1990 bis 2050/2100



Quellen: IPCC (2000a), Nakicenovic u.a. (1998), Berechnungen des Öko-Instituts

3.1.3 Politische Rahmenbedingungen

3.1.3.1 Vorbemerkungen

(309) Die Entwicklung von Energie- und Nachhaltigkeitspolitik im globalen Kontext ist fest verwoben mit einer ganzen Reihe geopolitischer Rahmenbedingungen. Dies bedeutet sowohl, dass geopolitische Entwicklungen jede nationale und internationale Energie- und Nachhaltigkeitspolitik maßgeblich beeinflussen werden, als auch, dass Energie- und Nachhaltigkeitspolitik entscheidende Impulse für die Geopolitik setzen können. Die Identifikation und Diskussion solcher Zusammenhänge ist notwendigerweise mit erheblichen Unsicherheiten und Unschärfen behaftet. Dies gilt insbesondere für nicht vorhersehbare Ereignisse, die erhebliche Veränderungen weltpolitischer Entwicklungen bewirken.[7] Trotzdem ist eine nähere Betrachtung der politischen Wechselbeziehungen auch im globalen Kontext unerlässlich, um Möglichkeiten und Grenzen von Energie- und Nachhaltigkeitspolitik zu umreißen bzw. politisch handhabbar zu machen.

(310) An dieser Stelle sollen diese Interaktionen vor allem in Bezug auf ausgewählte Aspekte von vier verschiedenen – jedoch einander beeinflussenden – Problem- und Handlungsbereichen dargestellt werden:

– die weltweite Machtverteilung nach Ende des Kalten Krieges, zukünftige Konfliktaustragungen im globalen Kontext sowie die Rolle der Gewalt;

– die politischen Risiken in einer Reihe von wichtigen Produzentenstaaten für fossile Energieträger und die mittel- und langfristig erwartete Konzentration der Förderung in diesen Staaten;

– die Entwicklung von Freizügigkeit und Freihandel, deren Verteilungswirkungen, die sozialen sowie die ökologischen und Ressourcen-Aspekte der Globalisierung;

– die Chancen, auf globaler Ebene gemeinsame Angelegenheiten zu regeln („Global Governance“), wobei für den Energiebereich vor allem der Kioto-Prozess eine wichtige Rolle spielt.

(311) Die mit wirtschaftlicher, politischer und ökologischer Globalisierung einhergehenden politischen Verflechtungen und Abhängigkeiten können eine friedliche und stabile Entwicklung im globalen Maßstab erheblich fördern. Es existieren aber auch Risiken und Entwicklungen, aus denen politische Herausforderungen entstehen. Die folgenden Überlegungen versuchen vor diesem Hintergrund weniger, ein umfassendes Bild der politischen Rahmenbedingungen zu entwerfen, sondern konzentrie-

---

[7] In der Rückschau gehören zu solchen Ereignissen definitiv der Zusammenbruch der osteuropäischen Staatsplanwirtschaften, des COMECON und des Warschauer Paktes, mit hoher Wahrscheinlichkeit aber auch die Ereignisse des 11. September 2001.

ren sich auf die Bereiche, aus denen Herausforderungen und spezifische Rahmenbedingungen für politisches Handeln resultieren.

3.1.3.2 Machtverteilung und Konfliktaustragung

(312) Die *zukünftige Machtverteilung im globalen Maßstab* vollzieht sich vor allem vor dem Hintergrund von zwei Schlüsselprozessen. Erstens ist nach dem Ende des Kalten Krieges keine Neuauflage bipolarer Machtblöcke zu erwarten. Vielmehr wird sich mit hoher Wahrscheinlichkeit eine multipolare Welt entwickeln, deren Gruppierungen sich eher entlang regionaler und/oder kultureller Unterschiede sowie wirtschaftlicher Problemlagen vollziehen werden. Zweitens werden die in den Kapiteln 3.1.1 und 3.1.2 dargestellten demographischen und wirtschaftlichen Entwicklungen zu erheblichen Schwerpunktverschiebungen führen.

(313) Die Gruppe der hoch entwickelten Industriestaaten wird sich um eine ganze Reihe von Ländern erweitern, die heute den *Schwellenländern* bzw. den Ländern mit mittlerer Wirtschaftskraft zugerechnet werden. Dazu gehören einige Staaten Asiens (z. B. Süd-Korea, Arabische Halbinsel), Lateinamerikas (z. B. Mexiko) und gegebenenfalls Afrikas (Südafrika). Die OECD als Zusammenschluss der Industriestaaten Westeuropas, Nordamerikas und des pazifischen Raums wird sich um einige dieser Staaten sowie um viele Staaten Mittel- und Osteuropas sowie der früheren Sowjetunion erweitern (Mexiko, Süd-Korea, Polen, Ungarn und Tschechien sind bereits OECD-Mitglieder).

(314) Ob und in welcher Weise neben den USA, der Europäischen Union sowie den pazifischen OECD-Staaten vor allem *Russland* unter den Industriestaaten wieder eine herausgehobene geopolitische Rolle spielen wird, bleibt kurzfristig fraglich. Ein wieder wachsender Einfluss ist aber mit Blick auf die geostrategische Lage Russlands, aber auch die Ressourcensituation insbesondere bei vielen energierelevanten Rohstoffen mittel- und langfristig wahrscheinlich.

(315) Für die *großen Staaten Lateinamerikas,* vor allem Brasilien und ggf. Argentinien, kann insbesondere wegen der starken wirtschaftlichen Verflechtung mit Nordamerika sowie des erwarteten hohen Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstums mittel- und langfristig eine wichtige und zunehmend eigenständige machtpolitische Rolle erwartet werden.

(316) Allein aus demographischen und wirtschaftlichen Gründen werden vor allem *China* und *Indien* zukünftig auf globaler Ebene eine herausragende Rolle spielen. Bisher stand hier vor allem die zukünftige Rolle Chinas im Mittelpunkt des geopolitischen Interesses. Zukünftig wird aber auch Indien wegen der spezifischen demographischen und wirtschaftlichen Situation (langfristig größere Bevölkerung als China, vgl. Kapitel 3.1.1) sowie der geopolitischen Rolle (Indien als Atommacht in einer politisch äußerst spannungsreichen Region) eine besondere Bedeutung zukommen.

(317) Gleichzeitig droht – insbesondere vor dem Hintergrund der sehr dynamischen Wachstumsprozesse in Lateinamerika sowie in Süd- und Südostasien – den *ärmsten Staaten* (vor allem in Afrika) eine weitere Abkoppelung von der weltwirtschaftlichen Entwicklung. Wenn auch die Gründe dafür sehr vielfältiger Natur und häufig auch in internen Problemen (Korruption, undemokratische Regime etc.) zu suchen sind, gewinnen die damit möglicherweise einhergehenden gesellschaftlichen und politischen Verwerfungen erheblich an Brisanz.

(318) Das Ende des Kalten Krieges bedeutet zwar mit hoher Wahrscheinlichkeit das Ende der Gefahr von *Großkonflikten zwischen hochgerüsteten Machtblöcken.* Bei allen Notwendigkeiten und Möglichkeiten intensiver Bemühungen um Konfliktprävention und friedliche Konfliktlösungen wird Energie- und Nachhaltigkeitspolitik jedoch auf absehbare Zeit nicht davon ausgehen können, dass die vielfältigen und teilweise tiefgehenden Konflikte dieser Welt ohne Gewalt ausgetragen werden. Der Charakter der gewaltsam ausgetragenen Konflikte wird sich jedoch verändern: die Konfliktherde werden regionaler, möglicherweise – gerade nach den Erfahrungen des 11. September 2001 – auch in zunehmendem Maße nicht mehr zwischen Staaten, sondern mit krimineller oder terroristischer Energie ausgetragen werden und auch kulturelle, ethnische oder religiöse Komponenten für sich in Anspruch nehmen. Gerade hinsichtlich dieser neuen Bedrohungen gewinnen eskalierende nationale und globale Verteilungsprobleme und Nicht-Nachhaltigkeit zusätzlich an Bedeutung. Sie bilden zwar keineswegs die einzige Wurzel für mit kriegerischer oder krimineller bzw. terroristischer Energie ausgeübte Gewalt, sie sind aber Nähr- und Resonanzboden solcher Gewalt.

(319) Selbst regionale und innergesellschaftliche Konflikte können vor diesem Hintergrund mit erheblichen Folgewirkungen in andere Regionen oder Gesellschaften ausstrahlen und globale Wirkungen zeitigen.

(320) Ein globales Nachhaltigkeitsmanagement kann somit nur dann erfolgreich sein, wenn es die Macht- und Interessenstrukturen in einer zunehmend multipolaren Welt auch multilateral aufnimmt und die neuen Akteure aktiv integriert. Unilateralistische Strategien erscheinen vor diesem Hintergrund zur Erreichung des Nachhaltigkeitsziels als kontraproduktiv. Gleichzeitig wird Nachhaltigkeitspolitik die Tatsache einbeziehen müssen, dass gewaltsame Konfliktaustragungen möglich bleiben und in einer globalisierten Welt neben zwischenstaatlichem auch anderen Charakter annehmen können.

3.1.3.3 Gefahr von Instabilitäten in Energielieferländern und -regionen

(321) Die unter den Bedingungen des business as usual stark steigende Nachfrage nach fossilen Energieträgern, verbunden mit einem verstärkten Bedarf von Entwicklungs- und Schwellenländern mit hoher Wachstumsdynamik sowie einer Ausweitung des internationalen Handels mit Energierohstoffen, verstärken nicht nur die wirtschaftliche Globalisierung. Im Fall von *Instabilitäten in wichtigen Lieferstaaten und -regionen* sowie in Bezug auf einige

Transportrouten kann sich die geopolitische Situation vor dem Hintergrund eines massiv erhöhten Importbedarfes von Entwicklungs- und Schwellenländern erheblich verschärfen.

(322) Eine besondere Problematik ergibt sich für die OPEC-Staaten der arabischen Halbinsel, die aufgrund ihrer Ressourcenausstattung eine zukünftig wieder zunehmende Rolle spielen werden.[8] Insbesondere Saudi-Arabien mit seinem bis auf weiteres unverzichtbaren Versorgungsbeitrag zur Weltölversorgung steht vor gravierenden Problemen. Angesichts des starken Bevölkerungswachstums (Verdoppelung innerhalb der letzten 20 Jahre), der starken wirtschaftlichen Abhängigkeit von den Ölexporten, des chronischen Budgetdefizits sowie der zukünftig möglicherweise zunehmenden politischen, ethnischen und religiösen Spannungen (undemokratische Strukturen, aggressive fundamentalistische Strömungen etc.) sind erhebliche Instabilitäten möglich.[9]

(323) Eine andere Herausforderung stellt sich hinsichtlich der Transportrouten. Öllieferungen von über 15 Mio. Barrel täglich (bbl/d), also knapp ein Drittel der weltweiten Ölexporte, werden heute durch die Straße von Hormus verschifft. Bei Ausfall dieser Lieferroute aus Gründen eskalierender regionaler Konflikte oder anderer Gewaltakte könnten alternative Transportwege kurz- und mittelfristig auch nicht ansatzweise die erforderlichen Kapazitäten bereitstellen. Auch wenn der Nahe Osten für die deutsche Energieversorgung keine Schlüsselrolle spielt, hätten die mit der Verknappung der Öllieferungen aus dieser Region einhergehenden Preisturbulenzen auf den Weltölmärkten erhebliche Konsequenzen für die Energieversorgung in Deutschland und Europa. Ähnlich gravierende Probleme ergeben sich für einige Schifffahrtsrouten zur Versorgung des süd- und südostasiatischen Raums (z. B. die Straße von Malakka mit einem Transportvolumen von über 10 Mio. bbl/d). Mit der Erschließung der Ölfördergebiete im kaspischen Raum könnten vor allem für die Tankerrouten durch den Bosporus erhebliche Kapazitäts-, aber auch gravierende Sicherheits- und ökologische Probleme entstehen.[10] Für die weltweite Versorgung mit Kohlenwasserstoffen zwar weniger brisant, für einzelne Regionen jedoch mit gravierenden Folgen, bleiben auch Unterbrechungen wichtiger Pipeline-Verbindungen (z. B. von Russland in die verschiedenen Regionen Europas) durch politische Intervention oder terroristische Akte.

(324) Probleme aufgrund zwischenstaatlicher und innergesellschaftlicher Konflikte mit geopolitischen Konsequenzen – wenn auch heute mit schwächeren Auswirkungen für die gesamte Energieversorgung – ergeben sich auch in Bezug auf Iran, Irak, Libyen, Algerien, Nigeria und Angola sowie den Kaspischen Raum.[11] Die politische Brisanz der Entwicklungen in einigen dieser Staaten für die weltweite, zumindest aber europäische und asiatische Energieversorgung könnte sich zukünftig vor allem wegen zunehmender Erdgaslieferpotenziale dieser Länder erheblich verstärken.

(325) Die Stabilitätsperspektiven Russlands sind mit erheblichen Unsicherheiten behaftet, hier sind sehr unterschiedliche Entwicklungen denkbar und möglich.[12] Angesichts der starken und wahrscheinlich zunehmenden wirtschaftlichen Verflechtung mit den anderen (westlichen) Industriestaaten und der bisherigen Erfahrungen, z. B. in Zeiten der eskalierenden Ost-West-Konfrontation, sowie der zunehmend entlang eigener wirtschaftlicher Interessen agierenden russischen Unternehmen (zumindest im Öl-Bereich) erscheint die Gefahr von Instabilitäten mit gravierenden Auswirkungen auf die Energieversorgung für Russland jedoch deutlich geringer als in Bezug auf den Nahen Osten.

(326) Potenzielle politische Instabilitäten in wichtigen Lieferstaaten oder -regionen bzw. Behinderungen wichtiger Transportrouten bleiben eine wichtige Randbedingung von Energiepolitik, bilden aber aus europäischer Perspektive vor allem mit Blick auf den Ölsektor ein Problem.[13] Politische Bemühungen zur Stabilitätserhaltung oder -entwicklung in den entsprechenden Ländern oder Regionen wie auch die Erschließung der politischen Voraussetzungen für alternative Lieferoptionen (Iran, Nordafrika, Kaspischer Raum) gehören damit in zunehmendem Maße zu den energie- und nachhaltigkeitspolitischen Anforderungen an die Außenpolitik.

(327) Bei der Ausweitung anderer Optionen der Bereitstellung von Energiedienstleistungen werden schließlich die Rückwirkungen auf die Lieferstaaten und -regionen und die dort vorfindlichen politischen und gesellschaftlichen Instabilitäten in verstärktem Maße politisch Berücksichtigung finden müssen.

3.1.3.4 Wirtschaftliche Globalisierung, Verteilungs-, Ressourcen- und Umweltfragen

(328) Die *zunehmende wirtschaftliche Integration im Globalisierungsprozess* hat zu Wohlstandsgewinnen und zusätzlichem Wachstum geführt.[14] Jedoch sind diese Effekte zwischen den verschiedenen Ländern und in den einzelnen Gesellschaften keineswegs gleichmäßig allen zu Gute gekommen. Die Existenz von massiven Nachteilen einzelner Gruppen durch die Globalisierung im internationalen, aber auch im innergesellschaftlichen Raum

---

8 Im Gegensatz zu vielen (politischen) Erwartungen wird die Erschließung der Ölfelder im kaspischen Raum die herausragende Rolle der arabischen Halbinsel nicht berühren (Manning 2000, ECSS 2000).

9 Zu Details vergleiche CSIS (1998, 1999, 2000a-c).

10 Im Einzelnen vgl. dazu EIA (1999) sowie CSIS (1999).

11 Vgl. dazu CSIS (1998, 1999, 2000a-c) sowie ECSS (2001).

12 In der geopolitischen Diskussion werden hier u. a. die Szenarien „Fortführung gradueller Reformen zu Marktwirtschaft und Demokratie“, „Interne Implosion und Anarchie“ und „Nationalistische Renaissance unter autoritärer Führung“ diskutiert (CSIS 2000a).

13 Dies gilt nicht nur in Bezug auf physische Lieferunterbrechungen, sondern vor allem auch auf die wirtschaftlichen Folgen signifikanter Verknappungen auf den weltweit integrierten Mineralölmärkten.

14 Vgl. hierzu die Ausführungen im Ersten Bericht der Enquete-Kommission, Kapitel 4.3.

oder auch entsprechende Wahrnehmungen können – verstärkt durch andere Prozesse – schnell zu erheblichen politischen Instabilitäten führen.

(329) Die größere Freizügigkeit und die verstärkte Handelsliberalisierung (vor allem über die GATT-Verhandlungsrunden und die Gründung der WTO) sind bisher weder vollständig noch symmetrisch. So sind zwar tarifäre und nicht-tarifäre Handelshemmnisse abgebaut worden, bei den für die Entwicklungsländer besonders relevanten Produkten (Landwirtschaft, Textilsektor etc.) sind die Handelshemmnisse jedoch weitaus weniger stark abgebaut worden, als für die überwiegend in den entwickelten Industriestaaten hergestellten Güter.

(330) Der Zugriff auf die erschöpfbaren Energieressourcen – auch unabhängig vom Grad der Erschöpfung – und die Umweltwirkungen der Energienutzung (neben anderen Umweltproblemen, z. B. im Bereich Wasser oder Boden) haben bereits in der Vergangenheit zur Auslösung von Konflikten und auch deren gewaltsamer Austragung beigetragen.

(331) Zahl und Anlass solcher Konflikte können sich bei unveränderter Politik zukünftig ausweiten. Dies gilt insbesondere vor dem Hintergrund der Tatsache, dass zukünftig neue Akteure von herausragender Bedeutung sein können: Entwicklungs- und Schwellenländer mit gegebenenfalls hohem Energiebedarfszuwachs und andere Staaten, die von globalen Umweltproblemen in besonderem Maße betroffen sind.

(332) Die Zunahme derartiger Konflikte kann in einen Teufelskreis führen: Zunehmende Konflikte führen zu Abschottung und Abbau von Freizügigkeit, gegebenenfalls zu neuem Protektionismus und zur Erosion des Freihandels. Vor dem Hintergrund der Tatsache, dass heute Transferchancen in bisher nicht gekanntem Maße existieren, würde eine solche Erosion wichtige Transfers von Kapital, Technologien und Politiken erschweren oder unmöglich machen; die Probleme könnten sich weiter verschärfen. Die Gefahr solcher, letztlich nur noch schwer auflösbarer Blockaden bildet ein zusätzliches Argument für möglichst *frühzeitiges* energie- und klimapolitisches Agieren auf nationaler und globaler Ebene.

(333) Die Weiterentwicklung von Freizügigkeit und Freihandel ist so gleichzeitig Voraussetzung und Gefährdung für eine Nachhaltigkeitspolitik im globalen Maßstab,[15] auch wenn insbesondere die Gefährdungen auch Folgen anderer Prozesse[16] sein können, die nicht unmittelbar aus Freizügigkeit und Freihandel resultieren:

– *Voraussetzung* ist sie insofern, als die notwendige Diffusion und die notwendigen Transfers von Handlungskapazitäten (wirtschaftliche Leistungskraft), Kapital, Technologie und Politiken realistisch nur mit weiterentwickelter Freizügigkeit und Freihandel möglich sein werden.

– *Gefährdung* ist sie insofern, als Freizügigkeit und Freihandelspolitik die Eskalation von Verteilungsproblemen (innerhalb und zwischen Staaten) bewirken und damit zu Konflikten, zwischenstaatlicher und anderer Gewalt, neuem Protektionismus sowie wirtschaftlicher oder politischer Abschottung führen und schließlich Umweltpolitik im nationalen oder internationalen Rahmen be- oder verhindern können.

(334) Bei aller Bedeutung regionaler Handlungsansätze ergibt sich vor allem im Kontext globaler Ressourcen- und Umweltprobleme keine Alternative zu einer „integrierenden Globalisierung“. Weder eine „polarisierende Globalisierung“ noch die Entstehung eines abgeschotteten „Regionalismus“ sind zielführende Optionen einer nachhaltig-zukunftsfähigen Entwicklung.

3.1.3.5 Global Governance

(335) Die Etablierung sowohl nationaler als auch globaler Politiken ist für die Entwicklung einer nachhaltig-zukunftsfähigen Entwicklung im Allgemeinen, wie auch eines nachhaltigen Energiesystems unabdingbar. Während nationale Politiken auf eine Vielzahl von Erfahrungen, Traditionen und Instrumenten zurückgreifen können, ist die Bearbeitung globaler Probleme von zunehmender Komplexität und Interdependenz nur unter Einbeziehung einer globalen Struktur- und Ordnungspolitik möglich, wobei insbesondere die Verdichtung von internationalen Kooperationen und der Ausbau des Multilateralismus eine besondere Rolle spielen. „Global Governance“ bezieht sich schließlich nicht nur auf den Aufbau, die Entwicklung bzw. das Zusammenwirken internationaler Institutionen, sondern auch auf das Zusammenwirken staatlicher und nichtstaatlicher Akteure auf den verschiedenen Handlungsebenen.[17]

(336) Mit der im Jahr 2001 vollzogenen Aufnahme Chinas und dem in naher Zukunft zu erwartenden Beitritt Russlands wird die *Welthandelsorganisation* (WTO) alle wesentlichen Weltmarktteilnehmer umfassen. Nicht zuletzt damit wird ihre Schlüsselrolle für eine globale Nachhaltigkeitspolitik endgültig manifestiert. Gleichzeitig ergibt sich aus der Sicht einer global orientierten Nachhaltigkeitspolitik ein beträchtlicher Reform- und Flankierungsbedarf für die WTO.

(337) Der *Reformbedarf* der WTO erstreckt sich vor allem auf die Organisation selbst und die Verfahren. Insbesondere sollte der Einfluss der Entwicklungsländer (die inzwischen die Mehrheit der Mitgliedstaaten bilden) verbessert und die Asymmetrie beim Abbau der Handelshemmnisse reduziert werden. In erster Linie gilt dies

[15] Die CIA (2000) hat die Chancen und Gefährdungen der Globalisierung in Szenarien verdichtet, die mit „Inclusive Globalization“ (integrierende Globalisierung) und „Pernicious Globalization“ (polarisierende Globalisierung) bezeichnet werden.

[16] Z. B. Eskalation gewaltsam ausgetragener Konflikte oder Ressourcen- und Umweltprobleme.

[17] Die Kommission verweist in Bezug auf die Definition, Abgrenzung und inhaltliche Füllung des Konzepts von „Global Governance“ auf die Ausführungen im Zwischenbericht der Enquete-Kommission „Globalisierung der Weltwirtschaft – Herausforderungen und Antworten“ des 14. Deutschen Bundestages (14/6910, insbesondere Kapitel 4).

zugunsten der ärmsten Entwicklungsländer für den Abbau von Handelshemmnissen.

(338) Das WTO-Regelwerk beinhaltet eine Vielzahl von Regelungen, die die Handlungsspielräume nationaler und internationaler Umweltpolitik betreffen. So wird z. B. die Regulierungsautonomie der Mitgliedstaaten eingeschränkt, Subventionen (auch indirekter oder weit gefasster Art, z. B. im Rahmen der Erstallokation von Emissionsrechten in Emissionshandelsregimen oder Anreize für JI- und CDM-Projekte seitens der Investorländer) sind nur eingeschränkt einsetzbar und Handelsbeschränkungen als umweltpolitische Sanktionsmaßnahmen erschwert.[18]

(339) Der *Flankierungsbedarf* der WTO besteht zunächst vor allem darin, dass Probleme und Unsicherheiten hinsichtlich der WTO-Kompatibilität nationaler und internationaler Nachhaltigkeitspolitik vor allem durch den *Abschluss multilateraler Abkommen* reduziert werden können und müssen. Im Energiebereich spielen dabei vor allem die Klimarahmenkonvention mit dem Kioto-Protokoll und seinen Nachfolgeregelungen eine herausgehobene Rolle, aber auch Regelungen zu Arbeits- und Sozialstandards im Rahmen der ILO.

(340) Für eine globale Nachhaltigkeitspolitik – auch im Energiesektor – kommt der *Entwicklungsfinanzierung* eine zentrale Bedeutung zu. Die permanente Finanzkrise vieler Entwicklungsländer hat sich in den letzten Jahren verschärft. Dabei spielen vier wesentliche Aspekte eine besondere Rolle:

– Erstens sind die grenzüberschreitenden Kapitalströme des privaten Sektors in den letzten Jahren zwar rasant gewachsen, doch hatten daran die Entwicklungsländer in ihrer Mehrheit kaum teil.

– Zweitens entfernt sich die öffentliche Entwicklungshilfe (Official Development Aid – ODA) mehr und mehr von ihren ursprünglichen Zielen (0,7 % des BIP). Mit einer Größenordnung von 0,27 % des BIP trägt Deutschland spürbar zu diesem Problem bei.

– Drittens liegt die Mobilisierung der einheimischen Finanzierungsressourcen bzw. Finanzierungsinstrumente in den Entwicklungsländern selbst noch weit hinter ihren Möglichkeiten zurück.

– Viertens ist der Regelungs- und Abstimmungsbedarf innerhalb des globalen Geld- und Finanzsystems vor allem vor dem Hintergrund der Finanzkrisen in Asien, Russland und Lateinamerika erheblich gestiegen.

Die Brisanz dieser Probleme zeigt sich u. a. daran, dass die UNO erstmals in ihrer Geschichte eine Konferenz zur Entwicklungsfinanzierung (UN FfD – im März 2002 in Monterrey) einberufen hat (siehe Kapitel 6.2). Mit Ausnahme des letzten Punktes waren genau die genannten Aspekte zentrale Themen auf dieser Konferenz. Im Monterrey-Konsens[19] wurde die Verpflichtung der Entwicklungsländer zu guter Regierungsführung und Mobilisierung heimischer Geldquellen von diesen allgemein anerkannt. Die Europäischen Union hat sich ihrerseits zur faktischen Erhöhung ihrer Entwicklungshilfebudgets bis 2006 auf durchschnittlich 0,39 % des BIP verpflichtet. Der Realismus, der in Monterrey demonstriert wurde, berechtigt zwar zu der Hoffnung, dass die Verpflichtungen mehr oder weniger zügig umgesetzt werden, er sollte trotzdem keinen Anlass zur Annahme geben, dass die angesprochenen Probleme damit entschärft seien. Die Konferenz in Monterrey war allenfalls ein erster Schritt.

(341) Ökologische Herausforderungen erfordern eine starke ökologische Komponente einer „Global Governance“, vor allem im Bereich des Klimaschutzes. Bereits heute existieren mehr als 500 multilaterale Vereinbarungen zu ökologischen Fragen (überwiegend im Bereich der Biodiversität und der Meeresumwelt), wobei ca. 70 % der nach 1972 verabschiedeten Vereinbarungen eher regionalen Charakter tragen (UNEP 2001). Neben den „traditionellen“ Problemfeldern Meeresumwelt, Biodiversität, Strahlenschutz und Kernenergie haben in den letzten Jahren vor allem die Bereiche Chemie/Giftmüll und Atmosphäre/Energie an Bedeutung gewonnen. Daran anknüpfend bestehen Schwerpunkte und besondere Herausforderungen zur Weiterentwicklung (und Konsistenzerhöhung) der umweltbezogenen „Global Governance“ vor allem im Bereich des Schutzes globaler (öffentlicher) Güter, z. B. Klimaschutz und Biodiversität. Vor allem die Klimarahmenkonvention und ihre Spezifikationen (Kioto-Protokoll) bedürfen so einer stetigen Weiterentwicklung. Die Tatsache, dass einige Entwicklungs- und Schwellenländer mittelfristig in erheblichem Maße zur Ausweitung der Nachhaltigkeitsprobleme im Energiesektor beitragen werden (vor allem im Bereich des Klimaproblems) muss notwendigerweise auch dazu führen, dass Entwicklungs- und Schwellenländer mit dem Horizont 2010/20 schrittweise in bindende Verpflichtungen eines globalen Klimaschutzregimes eingebunden werden müssen.

(342) Die nächsten Schritte zur Verstärkung der internationalen Kooperationen auch im Bereich „Energie – Umwelt – Entwicklung“ sind Thema des Weltgipfels zur Nachhaltigen Entwicklung in Johannesburg (August/September 2002). UN Generalsekretär Kofi Annan hat Energie zusammen mit Gesundheit, Wasser, Landwirtschaft und Biodiversität (WEHAB – Water, Energy, Health, Agriculture, Biodiversity) als eines der fünf Schwerpunktgebiete identifiziert, in denen der Gipfel die internationalen Strukturen verstärken soll.[20] Er verbindet also so klassische Bereiche wie die Sicherheit der Versorgung mit Nahrung und Energie mit der Sorge für die natürlichen Lebensgrundlagen in der Nachfolge der Klima- und Biodiversitätskonventionen. Damit wird die Notwendigkeit unterstrichen, die in Rio begonnenen Initiativen und Prozesse zu verstärken und als Vehikel für eine globale, auf die Ver-

---

[18] Vgl. dazu im Detail die Ausführungen im durch die Enquete-Kommission beauftragten Gutachten zu den Wechselwirkungen der Energie- und Klimapolitik mit WTO-/GATT-Regeln.

[19] Siehe dazu http://www.un.org/esa/ffd/0302finalMonterreyConsensus.pdf .

[20] Vgl. http://www.johannesburgsummit.org .

besserung der Verhältnisse ausgerichtete Zusammenarbeit gegen die Zersplitterungstendenzen zu nutzen. Eine weitere Initiative für den Weltgipfel sind die sogenannten „Type II-Aktivitäten“. Neben die Aktivitäten zur Umsetzung der Agenda 21, die zwischen allen Staaten ausgehandelt und im Konsens beschlossen werden (Type I-Aktivitäten), sollen strategische Partnerschaften und Initiativen treten, die einer Aushandlung in der Gesamtheit der Staaten nicht bedürfen, aber trotzdem als ein Ergebnis von Johannesburg aufgenommen werden sollen. Dies sind gemeinsame Projekte und Vorhaben von Gruppierungen jeder Art (NGOs, Regierungen, internationale Organisationen), die sich, auf Kompatibilität mit den Zielen der Agenda 21 geprüft, öffentlich zur Realisierung eines konkreten Umsetzungsplans verpflichten. Damit soll die Verbindlichkeit der Agenda 21 und der nachhaltigen Entwicklung steigen und die Realisierung mit konkreten Zeitplänen in greifbare Nähe rücken. Zudem soll auch dadurch die internationale Zusammenarbeit in verschiedensten Bereich des Umweltschutzes und der Entwicklungszusammenarbeit vervielfältigt und intensiviert werden. Einen Schwerpunkt im Handlungsfeld „Schutz und Management der natürlichen Ressourcen als Basis für wirtschaftliche und soziale Entwicklung“ bildet dabei der Energiesektor.[21]

(343) Die Weiterentwicklung und Reform der WTO, die Entwicklungsfinanzierung und die Weiterentwicklung von globalen Governancestrukturen im Umweltbereich bilden damit Schlüsselelemente für eine nachhaltig-zukunftsfähige Entwicklung des Energiesystems im globalen Kontext. So können Freizügigkeit und Freihandel zum Aufbau von Handlungskapazitäten (wirtschaftliche Leistungsfähigkeit) sowie zum nachhaltigkeitsorientierten Transfer von Technologie, Kapital und Politiken im Sinne einer „integrierende Globalisierung“ beitragen und sowohl für nationale als auch internationale Nachhaltigkeitspolitik im Energiebereich eine entscheidende Rolle spielen. Sowohl eine „polarisierende Globalisierung“ als auch der Rückfall in Protektionismus und Abschottung werden eine nachhaltig-zukunftsfähige Entwicklung – auch im Energiesektor – eher behindern.

3.1.4 Rahmentrends der Energieträger- und Energietechnologiemärkte

(344) Die Weltenergiemärkte, vor allem der Weltölmarkt, haben erheblich zur wirtschaftlichen Globalisierung beigetragen. Die zunehmende Abhängigkeit von auf dem Weltmarkt gehandelten Energierohstoffen hat in der Vergangenheit eine stärkere Weltmarktintegration erzwungen und lässt dies auch für die Zukunft erwarten. Bei unterschiedlichen Entwicklungspfaden des Energiesystems kann sich dieser Prozess jedoch in seinen Schwerpunkten verschieben.

(345) Die Märkte für die fossilen Energieträger Öl, Gas und Kohle werden – auch vor dem Hintergrund der Reservenausstattung – einem weiteren Internationalisierungstrend folgen.

(346) Hinsichtlich *Mineralöl* werden der Nahe Osten und Russland als Lieferregionen an Bedeutung zunehmen. Die Weltölmärkte werden in hohem Maße integriert bleiben, d. h. weltweit jeweils gleichgerichteten Preistrends folgen.

(347) Bei der *Steinkohle* werden für Europa vor allem Südafrika, Australien und die USA ihre herausragende Bedeutung als Exporteure behalten. Inwieweit sich die preissetzenden Entwicklungen (Südafrika für Europa, Australien für Asien, die USA als „Swing Supplier“) fortsetzen oder ob die Preistrends sich weiter vereinheitlichen, ist derzeit nicht absehbar.

(348) Beim *Erdgas* werden auch weiterhin Russland und zumindest mittelfristig noch Norwegen die wichtigsten Lieferregionen für Europa bleiben. Inwieweit andere Lieferregionen erschlossen werden können (Iran, Nordafrika) oder andere Transportoptionen möglich werden (LNG[22] aus Nordafrika) hängt von der Entwicklung der politischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen ab. Mit der Ausweitung des LNG-Segments in Europa könnte der Erdgasmarkt in Europa (teilweise) seinen Regionalmarktcharakter verlieren und die Entwicklung eines global integrierten Erdgasmarktes an Bedeutung gewinnen.

(349) Nicht eindeutig bestimmt ist die Entwicklung der Strommärkte. Ob und inwieweit sich überregionale Stromverbünde (auch auf Basis erneuerbarer Energiequellen) über große Entfernungen (z. B. von Russland oder Nordafrika in die verschiedenen europäischen Regionen) bilden, hängt vor allem von politischen Rahmensetzungen ab, die im Kontext einer nachhaltigkeitsorientierten Energiepolitik sehr unterschiedlich ausfallen können.

(350) In hohem Maße politik- und pfadabhängig ist die Entwicklung *völlig neuer Energieträgermärkte* z. B. für Wasserstoff. Hier ist langfristig sowohl die Entwicklung globaler Märkte (mit Produktionsstandorten z. B. Offshore, in Südeuropa, Nordafrika etc.) als auch die Schaffung eher regionaler Strukturen vorstellbar.

(351) Die Märkte für erneuerbare Energien sind – mit Ausnahme der Biomasse – Technologiemärkte mit – prinzipiell – globaler Dimension. Entscheidende Größen für ihre volumenmäßige Ausweitung sind entsprechende Handlungskapazitäten, Finanzierungsmechanismen, ihre jeweiligen Kosten und meteorologische (bzw. im Falle der Geothermie geologische) Bedingungen, die erheblich differieren können. Im Einzelnen wird darauf in Kapitel 4.3.6 eingegangen. Auf absehbare Zeit lokalen und regionalen Charakter werden die Märkte im Bereich der *Biomasse* behalten. Überregionale Märkte entwickeln sich hier derzeit z. B. zwischen Dänemark und anderen Anrainerstaaten der Ostsee. Eine noch größere räumliche Ausdehnung ist heute kaum absehbar und vor dem Hintergrund der wirtschaftlichen Bedingungen in der Tendenz unwahrscheinlich.

(352) Für die Märkte im Bereich *energienaher Dienstleistungen* wird zunächst ein eher regionaler Bezugsraum

[21] Vgl. dazu http://www.johannesburgsummit.org.

[22] LNG – liquified natural gas (verflüssigtes Erdgas).

vorherrschen. Trotz der allgemein starken Raum-Zeit-Bindung vieler Dienstleistungen könnte sich auch für diesen Bereich ein stärker arbeitsteilig und international geprägter Markt entwickeln, der für die *Anlagen- und Geräteproduktion im Energiebereich* vor allem im Bereich hochtechnisierter Anwendungen bereits charakteristisch ist[23] und der sich mit hoher Wahrscheinlichkeit zukünftig noch ausweiten wird.

(353) In der Gesamtsicht ist eine Zunahme des Globalisierungsgrades im Energiesektor wahrscheinlich. Zwar könnte sich die Bedeutung der global integrierten Märkte für fossile bzw. nukleare Energieträger pfadabhängig drastisch verändern. In Ergänzung dazu werden die Globalisierungstrends bei Energie(effizienz)technologien sowie eventuell im Bereich der energienahen Dienstleistungen zunehmen. Die Schwerpunkte von Exporten, Importen und Kapitalflüssen können sich – pfadabhängig – deutlich verschieben. Für den Fall solcher Schwerpunktverschiebungen ergibt sich zusätzlicher politischer Flankierungsbedarf.

3.2 Globale Energieprojektionen

3.2.1 Grundannahmen der betrachteten Projektionen

(354) Es liegen inzwischen eine ganze Reihe von Projektionen vor, in denen die weltweite Energiesituation in sehr langfristiger Perspektive abgebildet wird. Im Folgenden werden drei aktuelle Arbeiten dargestellt, die erstens sehr langfristig angelegt sind (bis 2050 bzw. 2100), zweitens ein repräsentatives und begründetes Spektrum von Annahmen zu Grunde legen und die drittens ihre Annahmen und Ergebnisse in großer Detailschärfe publiziert haben.[24] Ergänzend werden weiterhin zwei Szenarienarbeiten dargestellt, deren zeitlicher Horizont nur bis zum Jahr 2020 reicht.[25]

(355) Tabelle 3-1 bietet einen Überblick über die Unterschiede zwischen den in dieser Zusammenstellung berücksichtigten Szenarien. Die Grundannahmen zur Bevölkerungsentwicklung und zur Entwicklung des Bruttoinlandsprodukts wurden bereits in Kapitel 3.1 detailliert dargestellt. Die Übersicht macht deutlich, dass in den Szenarien des IPCC die Kopplung einer langsameren wirtschaftliche Entwicklung mit höherem Bevölkerungswachstum unterstellt wird, während die anderen Projektionen eine solche Verkopplung eher nicht annehmen. Die niedrigste Bevölkerungszahl für das Jahr 2050 beträgt 8,7 Mrd. Menschen, der höchste Wachstumspfad führt im Jahr 2050 zu einer Weltbevölkerung von 11,3 Mrd. Die Einstufung des Wirtschaftswachstums differiert in den einzelnen Projektionen: das niedrigste durchschnittliche Wirtschaftswachstum für den Zeitraum 1990 bis 2050 beträgt 2,1 % jährlich, der höchste Zuwachs liegt bei etwa 3 %. In der mittelfristigen Perspektive – dies zeigen die beiden Vergleichsprojektionen – wird jedoch auch mit höheren Wachstumsraten gerechnet.

(356) Zu den in Tabelle 3-1 dargestellten zentralen Annahmen für die verschiedenen Szenarien der hier betrachteten Arbeiten ist weiterhin dezidiert darauf hinzuweisen, dass es sich einerseits um *Trendfortschreibungen* unter verschiedenen Annahmen für die Rahmenbedingungen (IPCC-Szenarien, A- und B-Szenarien von WEC/IIASA sowie die Projektionen von EIA und IEA) und andererseits um *Interventionsszenarien* handelt (B2-Szenario des IPCC, C-Szenarien von IIASA/WEC und Faktor 4-Szenario), in denen weitreichende politische Eingriffe, vor allem in Bezug auf wirksamen Klimaschutz und Risikominimierung unterstellt werden.

3.2.2 Primärenergiebedarf in den Projektionen

(357) Für den Primärenergieverbrauch ergeben sich in den betrachteten Projektionen erhebliche Bandbreiten.[26] Bereits für das Jahr 2020 differieren die Projektionen um den Faktor 2. Das Szenario IPCC-A1 weist einen Primärenergieverbrauch von etwa 660 Exajoule (EJ)[27] aus, die hohe Wachstumsvariante der bis zum Jahr 2020 reichenden IEA-Projektion kommt sogar auf einen Wert von über 700 EJ. Dagegen gelingt es im Faktor 4-Szenario, den gesamten Primärenergieverbrauch auf einem Niveau von 10 % über dem von 1990 zu begrenzen (ca. 430 EJ).

(358) Im Jahr 2050 ergibt sich eine erheblich größere Bandbreite des Weltenergieverbrauchs von 430 EJ (Faktor 4) bis zu etwa 1 500 EJ (IPCC-A1G), die sich in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts noch einmal vergrößert. Abbildung 3-4 macht deutlich, dass weniger die Varianten mit dem höchsten Bevölkerungswachstum, sondern die mit höherem Wirtschaftswachstum (IPCC-A1G und GEP-A) zur stärksten Steigerung der Primärenergienachfrage führen. Deutlich wird aber auch, dass selbst im Szenario mit der höchsten Energieeffizienzsteigerung und einem Wirtschaftswachstum, das – vergleichbar einer Reihe anderer Projektionen – eher am unteren Rand der Bandbreite liegt (Faktor 4), der Zuwachstrend des Primärenergiebedarfs zwar beeindruckend gedämpft, aber letztlich bis zum Jahr 2050 nicht gebrochen werden kann.

---

[23] Sowohl im Bereich der konventionellen Kraftwerkstechnik (europäische Produzenten halten z. B. erhebliche Anteile des US-Marktes für Gasturbinen) als auch der erneuerbaren Energien (PV-Anlagen für den deutschen Markt werden bereits heute teilweise in Südostasien gefertigt) oder verschiedener Energiespartechnologien (Motoren, Beleuchtung etc.) ist die globale Arbeitsteilung schon heute weit fortgeschritten.

[24] Nakicenovic u.a. (1998), IPCC (2000a), Lovins, Hennicke (1999), Wolters (2001).

[25] IEA (2000a), EIA (2001).

[26] Die Szenarien des IPCC wurden mit verschiedenen Modellen berechnet, die teilweise differierende Daten verwenden. Der besseren Vergleichbarkeit halber wurden hier durchgängig die Daten aus dem Modell des IIASA (MESSAGE) verwendet. Für die Szenariengruppe A1 werden – wie von IPCC empfohlen – die technologieorientierten Varianten A1G (Orientierung auf Erdgas und Öl), A1C (Orientierung auf Kohle) sowie A1T (Orientierung auf neue Technologien) differenziert dargestellt.

[27] Ein Exajoule (EJ) entspricht etwa 25 Mio. t Steinkohleneinheiten.

Tabelle 3-1

Grundannahmen verschiedener globaler Energieszenarien

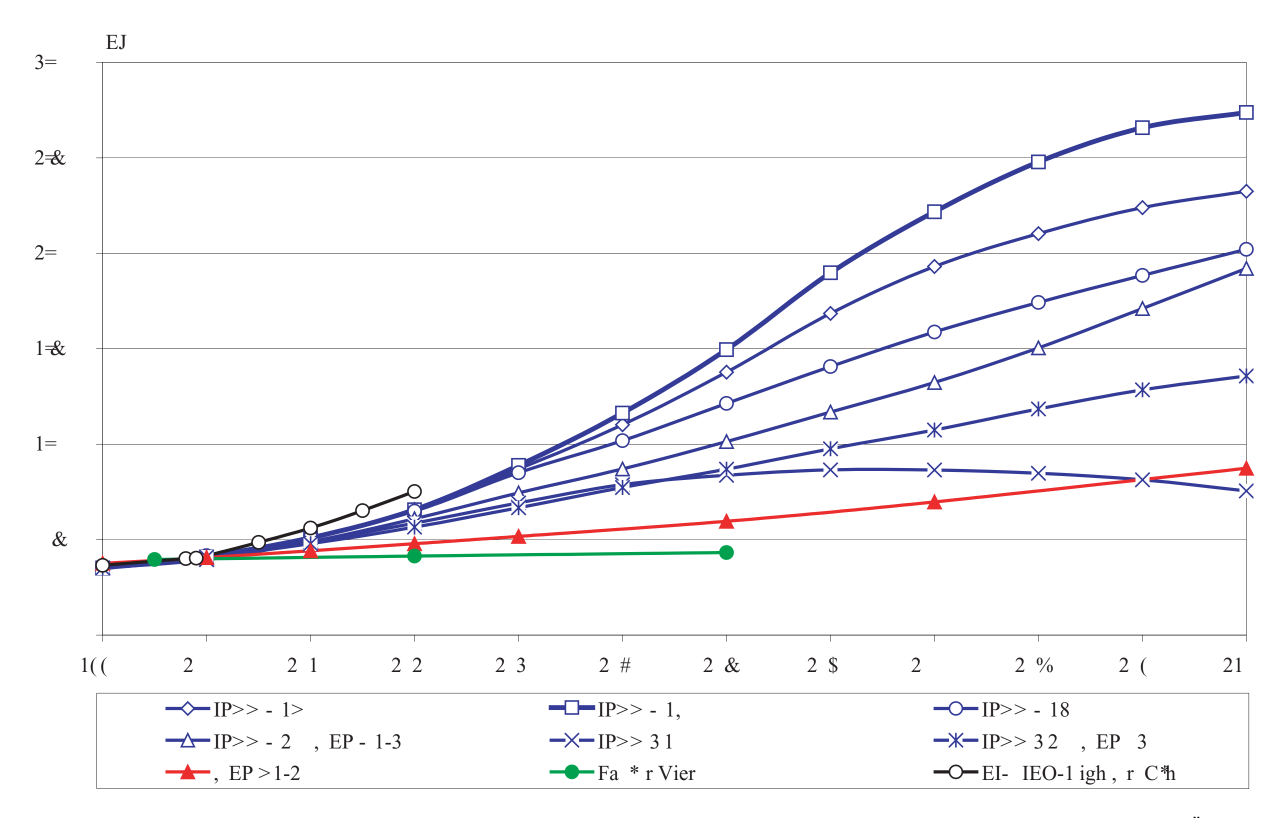
Studie	demographische Entwicklung			Wirtschaftliche Entwicklung (Tendenz)	Wirtschaftliche Entwicklung (jährliches Wachstum)			Sonstige Annahmen
Special Report on Emission Scenarios (IPCC 2000)								
		2050	**2100**		**1990-2020**	**1990-2050**	**1990-2100**	
IPCC A 1		8,7 Mrd.	7,1 Mrd.	schnell	ca. 3,3 %	ca. 3%	ca. 2,2%	schnelle Globalisierung, hohe Mobilität von Technologien und Menschen, kontinuierliche Abnahme der Unterschiede zwischen armen und reichen Ländern
IPCC A 2		11,3 Mrd.	15,1 Mrd.	langsam	2,4%	2,2%	1,5%	Heterogene Welt, Betonung lokaler Identitäten, große Unterschiede zwischen armen und reichen Ländern
IPCC B 1		8,7 Mrd.	7,0 Mrd.	mittel	3,1%	2,7%	1,5%	schnelle Konvergenz, starkes Umweltbewusstsein der Bevölkerung, globale Lösungen für die nachhaltige Entwicklung
IPCC B 2		8,9 Mrd.	10,4 Mrd.	schnell (IL)/ langsam (EL)	3,0%	2,4%	1,7%	sehr regionale Welt, ohne starke weltweite politische Strukturen, hohe Bildungsstandards, lokale Lösungen für die nachhaltige Entwicklung
Global Energy Perspectives (IIASA/WEC 1998)								
	2020	**2050**	**2100**		**1990-2020**	**1990-2050**	**1990-2100**	
GEP A1								Energieversorgung gestützt auf Öl und Gas
GEP A2				hoch	2,7%	2,7%	2,5%	Energieversorgung gestützt auf Kohle
GEP A3								Erschöpfung der fossilen Brennstoffe
GEP B	7,9 Mrd.	10,1 Mrd.	11,7 Mrd.	mittel	2,2%	2,1%	2,1%	Referenzszenario
GEP C1				mittel	2,2%	2,2%	2,2%	Neue Energien werden entwickelt, Verzicht auf Kernenergie
GEP C2								Entwicklung neuer Technologien, aber auch neue Methoden der Kernenergiegewinnung
Faktor 4 (Hennicke/Lovis 2000a+b sowie Wolters 2001)								
	2020	**2050**			**1990*-2020**	**1990a-2050**		
F 4	7,6 Mrd.	9,5 Mrd.		mittel	2,2%	2,1%		Einhaltung des globalen Klimaschutzziels von -60% bis 2050 unter Verzicht auf die Kernenergie-Nutzung Ausgangsjahr 1995 wurde auf 1990 umgerechnet
International Energy Outlook (EIA 2001)								
	2020				**1990-2020**			
EIA IEO A					3,2%			Referenzszenario
EIA IEO B	7,5 Mrd.				6,8%			
EIA IEO C					2,0%			
World Energy Outlook (IEA 2000)								
	2020							
WEO	7,4 Mrd.				3,1%			

*Werte für das Ausgangsjahr 1995 wurden auf 1990 umgerechnet

Quellen: IPCC (2000a) Nakicenovic u. a. (1998), Lovins, Hennicke (1999), Wolters (2001), EIA (2001), IEA (2000), Berechnungen des Öko-Instituts

Abbildung 3-4

Weltweiter Primärenergieverbrauch in verschiedenen globalen Energieszenarien



Quellen: IPCC (2000a) Nakicenovic u. a. (1998), Lovins, Hennicke (1999), Wolters (2001), EIA (2001), IEA (2000a), Berechnungen des Öko-Instituts

(359) Auch für die einzelnen Regionen ergeben sich aus den verschiedenen Energieszenarien unterschiedliche Perspektiven.[28]

(360) Abbildung 3-5 zeigt den Primärenergieverbrauch in den vier großen Weltregionen. Die allgemein steigenden Trends im globalen Energieverbrauch werden eindeutig vor allem von den Entwicklungs- und Schwellenländern in Asien, Afrika, Lateinamerika und dem Nahen Osten bestimmt. Alle Projektionen ermitteln für die erste Hälfte des 21. Jahrhunderts für den asiatischen Raum ein kontinuierliches Wachstum des gesamten Primärenergieverbrauchs. Mit Ausnahme des Faktor 4-Szenarios gilt dies auch für die Regionen Afrika, Lateinamerika und Naher Osten. Zur Mitte dieses Jahrhunderts repräsentieren die heutigen Schwellen- und Entwicklungsländer eine Energienachfrage zwischen 260 (Faktor 4) und 1 260 EJ (IPCC A1G); dies entspricht im Vergleich zu 1990 einer Steigerung um das Zwei- bzw. Zehnfache! Alle Szenarien kommen aber auch zu dem Ergebnis, dass die heutigen Entwicklungs- und Schwellenländer im Jahre 2050 etwa 60 bis 80 % des weltweiten Energieverbrauchs repräsentieren werden.

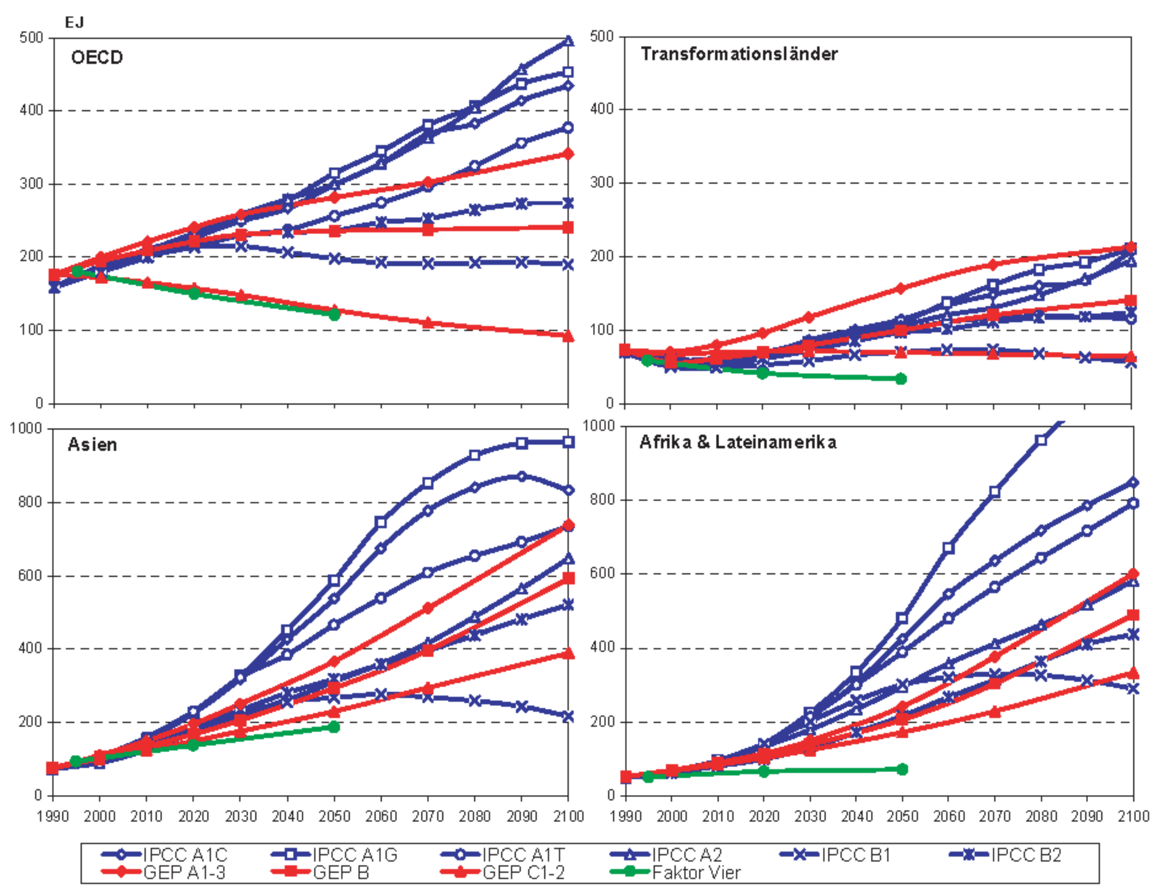
(361) Für den Primärenergieverbrauch in den Transformationsländern Osteuropas und der früheren Sowjetunion differieren die Projektionen erheblich. Der Verbrauch lag hier 1990 bei etwa 70 EJ und sank bis 2000 erheblich. Für 2020 gehen die Projektionen von Werten zwischen 40 EJ (Faktor 4) und 95 EJ (GEP A) aus, wobei das sonst den oberen Rand der Bandbreite markierende Szenario IPCC A1 nur Werte von etwas über 60 EJ ausweist. Für 2050 liegt der Energieverbrauch in dieser Ländergruppe zwischen knapp 35 EJ (Faktor 4) und etwa 155 EJ (GEP A). Auch hier liegt das sonst höchste Szenario IPCC A1 mit 110 EJ deutlich niedriger als der letztgenannte Wert. Diese uneinheitlichen Trends sind ein Indikator für die erheblichen Unsicherheiten in den Rahmenannahmen für diese Region. Mit einem Anteil am gesamten Weltprimärenergieverbrauch von 7 bis maximal 15 % bleibt die Rolle dieser Staatengruppe im Jahr 2050 jedenfalls relativ gering und nimmt auch danach eher noch ab.

(362) Der Primärenergieverbrauch in den Ländern der OECD von 1990 bis 2050 stellt sich in den verschiedenen Szenarien sehr unterschiedlich dar. Alle Szenarien pro-

[28] Im Folgenden wird die Grobklassifizierung der IPCC-Szenarien verwendet. Die Region OECD umfasst alle Staaten Nordamerikas, Westeuropas und des pazifischen Raums, die 1990 Mitglied der OECD waren. Die Region REF umfasst die Nachfolgestaaten der Sowjetunion sowie die Transformationsstaaten Mittel- und Osteuropas. Die Region Asien subsummiert alle Staaten Asiens, mit Ausnahme der asiatischen OECD-Staaten und des Mittleren Ostens. In einer vierten Gruppe (ALM) werden Afrika und Lateinamerika zusammengefasst.

Abbildung 3-5

Primärenergieverbrauch in verschiedenen globalen Energieszenarien, nach Regionen



Quellen: IPCC (2000a) Nakicenovic u.a. (1998), Lovins, Hennicke (1999), Wolters (2001), Berechnungen des Öko-Instituts

gnostizieren mit hoher Konsistenz einen Rückgang des Anteils der OECD am Primärenergieverbrauch von heute etwa 40 % am Weltenergieverbrauch auf 20 bis 30 % im Jahr 2050. Die absoluten Verbrauchsniveaus und die Entwicklungstrends unterscheiden sich jedoch beträchtlich. Dabei sind drei Trendgruppen klar zu unterscheiden:

– Während eine Gruppe von einem ungebrochen ansteigenden Verbrauchstrend ausgeht,

– unterstellen die Szenarien einer zweiten Gruppe ab ca. 2020 eine Stabilisierung der Verbrauchsniveaus.

– Eine dritte Gruppe von Szenarien kommt zu einem langfristig sinkenden Primärenergieverbrauch.

(363) Berücksichtigt man die unterschiedlichen Basiswerte, so liegt die Bandbreite des Primärenergieverbrauchs im Jahr 2020 bei 150 EJ (Faktor 4) bis 230 EJ (IPCC A1) und sinkt bis 2050 auf 120 EJ (Faktor 4) bzw. steigt auf 315 EJ (IPCC A1G). Einen durchgängigen Rückgang des Primärenergieverbrauchs in der OECD unterstellen zwei Szenarien (Faktor 4 und GEP C). Das Stabilisierungsszenario IPCC B1 erreicht im Jahr 2020 einen Primärenergieverbrauch von 215 EJ, der danach leicht zurückgeht.

3.2.3 Energieträgerstrukturen

(364) Der jeweils unterstellte Primärenergieverbrauch wird in den analysierten Projektionen mit teilweise sehr unterschiedlichen Energieträgerstrukturen gedeckt. Abbildung 3-6 zeigt die absoluten und relativen Verbrauchstrends für Öl, Kohle, Gas, nukleare und regenerative Energieträger.

(365) 1990 lag der Verbrauch von *Kohle* bei knapp 100 EJ, d. h. einem Viertel der gesamten Primärenergienachfrage. Bis 2020 rechnen außer der C-Familie der GEP, der B-Familie der IPCC-Szenarien und dem Faktor 4-Szenario alle Szenarien mit einem weiteren Anstieg des Kohleverbrauchs. Ein hohes Wachstum des Konsums wird im kohlebetonten Wachstumsszenario IPCC A1C (auf über 460 EJ) und im Szenario GEP A2 (auf ca. 330 EJ) unterstellt. Das angenommene hohe Wirtschaftswachstum führt jedoch selbst im Szenario IPCC A1C trotz der umfassenden Verwendung von Kohle als Energieträger bis zum Jahr 2050 nur zu einem Anteil von etwas über 30 %. Die meisten anderen Szenarien zeigen einen schwach steigenden absoluten Verbrauch, der Anteil der Kohle am Gesamtenergieverbrauch sinkt hier stetig. In den Globalisierungsszenarien IPCC A1G, A1T, B1 und GEP A3 kehrt

sich der Trend im Kohleverbrauch ab 2050 um. Im Faktor 4-Szenario wird der Kohleeinsatz stetig zurückgedrängt und liegt 2050 um knapp 90 % unter dem Niveau von 1990; es verbleibt eine Menge von 12,5 EJ, die zu über 70 % in Asien eingesetzt werden. Auch in dieser Region verbleibt jedoch nur noch ein Bruchteil des Ausgangsniveaus von 1990.

(366) Der Verbrauch von Erdöl lag 1990 bei insgesamt knapp 130 EJ. Mit einem Anteil von 35 % ist es der wichtigste Energieträger im heutigen Energieträgerportfolio. Bereits für das Jahr 2020 liegen die Szenarien in diesem Punkt weiter auseinander als bei der Kohle. Die Werte reichen von einem Ölverbrauch nahe dem Ausgangsniveau im Faktor 4-Szenario (125 EJ) bis zu einem Anstieg auf das Doppelte (IPCC A2). Für 2050 liegen die Werte maximal bei 365 EJ im auf Öl und Gas orientierten Szenario IPCC A1G und minimal bei etwa 110 EJ im Faktor 4-Szenario und in der C-Familie der GEP-Szenarien; dies entspricht nur ca. 80 % des Ausgangsniveaus von 1990. Der Anteil an der gesamten Bedarfsdeckung liegt zwischen 10 und 25 %. Bemerkenswert ist hierbei, dass bezüglich des relativen Beitrags das effizienzorientierte Faktor 4-Szenario mit knapp 25 % eher am oberen Rand der Bandbreite liegt. Alle Szenarien zeigen jedoch gegen Ende dieses Jahrhunderts sinkende Verbrauchstrends.

(367) Absolut betrug der *Gasverbrauch* im Jahr 1990 etwa 70 EJ. In den meisten Szenarien steigt er im Trend des Gesamtenergieverbrauchs bis 2050 an, auf Werte von bis zu etwa 330 EJ (IPCC A1G bzw. GEP A3). Im Faktor 4-Szenario nimmt der Gasverbrauch bis 2050 stetig auf ca. 50 EJ ab. Der Anteil von Gas an der Deckung des Primärenergiebedarfs wird von den Szenarien bis zur Mitte des Jahrhunderts recht einheitlich zwischen 20 und 30 % verortet. Eine etwas größere Rolle spielt Erdgas in der ökologisch orientierten B-Familie der IPCC-Szenarien. Einzig im Faktor 4-Szenario hat Erdgas im Jahr 2050 nur noch einen Anteil an der Bedarfsdeckung von ca. 10 %. Erdgas wird vor diesem Hintergrund in den allermeisten Szenarien eine wichtige Brückenfunktion zugewiesen.

(368) Bei der Prognose des weltweiten Einsatzes von *Kernkraft,* der 1990 bei etwa 20 EJ lag, entwickeln sich die Projektionen entsprechend ihrer Annahmen weit auseinander, so dass im Jahr 2050 die Bandbreite von null (Faktor 4) bis knapp 360 EJ (bemerkenswerterweise im kohleorientierten Szenario IPCC A1C) reicht. Diese absoluten Trends zeichnen sich auch hinsichtlich des Anteils der Kernenergie an der gesamten Primärenergiebedarfsdeckung ab, dieser liegt zwischen Null (Faktor 4) und 22 bis 23 % (IPCC A1C bzw. IPCC A1T), in anderen Szenarien unter 16 %.

(369) Die Gesamtheit der *regenerativen Energieträger* weist in allen Szenarien ein kontinuierliches Wachstum auf. Dies gilt auch für ihren Beitrag zur Primärenergiebedarfsdeckung; für die Gesamtheit der erneuerbaren Energiequellen ist das Wachstum hier jedoch deutlich größer als für das Teilsegment der Biomasse. Ausgehend von einem Niveau von ca. 30 EJ kommerziell genutzter regenerativer Energien zuzüglich nicht-kommerziell genutzter Biomasse von ca. 35 EJ im Jahr 1990 ergibt sich für 2050 eine Bandbreite von ca. 185 bis 400 EJ. Im Faktor 4-Szenario erreichen die erneuerbaren Energien bei einem absoluten Primärenergiebeitrag von 265 EJ – vor allem wegen des stark gesenkten Verbrauchsniveaus – im Jahr 2050 einen Anteil von 70 %. Bei gleichem absoluten Versorgungsbeitrag ergibt sich im stark wachstumsorientierten Szenario IPCC A1T mit einem absolut um das 1,5fache größeren, absoluten Bereitstellungsniveau ein Anteil von nur etwa 30 %! Die Mehrzahl der Projektionen geht für die Mitte des nächsten Jahrhunderts von einem Deckungsanteil in der Größenordnung von 20 bis 30 % aus.

(370) Für die *Biomasse* ergeben sich jedoch leicht abweichende Projektionen. Der steigende Energieverbrauch bis 2020 wird zunächst durch andere Energieträger abgedeckt, was zunächst den Anteil der Biomasse am Primärenergieverbrauch sinken lässt. Danach gewinnt Biomasse jedoch in allen Szenarien an Anteilen, und stellt im ambitioniertesten Szenario (Faktor 4) bis zu 25 % der Primärenergie bereit.

(371) Eine Zwischenbewertung der Projektionen zeigt, dass – zunächst ohne Betrachtung der Restriktionen durch den globalen Klimawandel – die *meisten* Szenarienansätze davon ausgehen, dass die erste Hälfte des 21. Jahrhunderts weiterhin im Zeichen der fossilen Energieträger stehen könnten. Insbesondere Öl und Gas würden dabei ihre Marktanteile steigern, Kohle bliebe – mit Abstrichen – ein wichtiger Rohstoff. In der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts zeichnet sich jedoch in den meisten Szenarien ein Bedeutungsverlust der fossilen Energieträger ab, vor allem betrifft dies Öl und Gas. Sie werden durch andere Energieformen abgelöst. Dabei spielen in jedem Fall Biomasse und andere erneuerbare Energieträger eine große Rolle, in den Szenarien, die eine verstärkte Nutzung der Kernenergie in Betracht ziehen, auch diese.

3.2.4 Kohlendioxid-Emissionen und -Konzentrationen

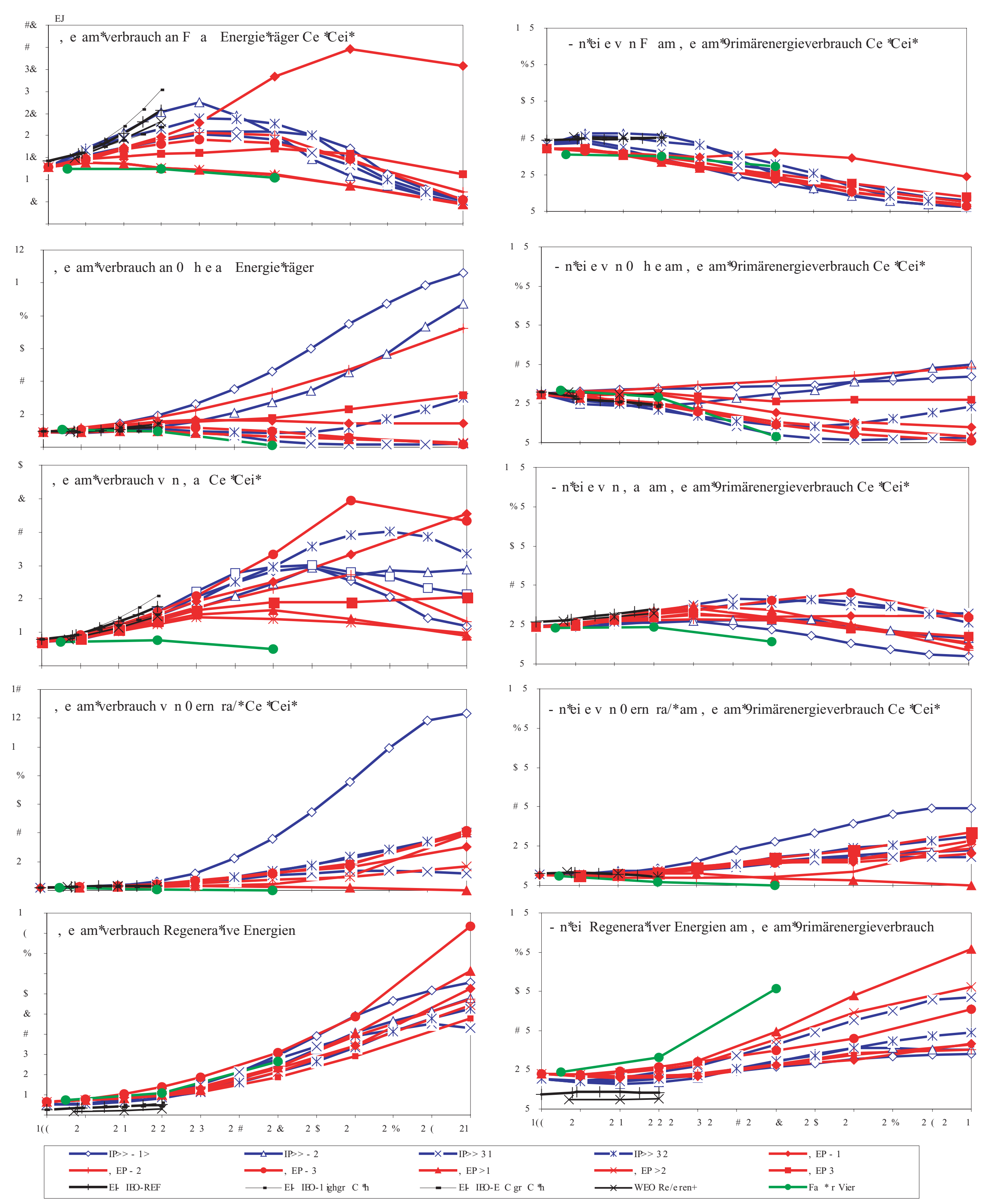
(372) Die Szenarien können bezüglich der resultierenden CO_2-Emissionen in *vier* verschiedene Gruppen eingeteilt werden (Abbildung 3-7).

(373) Nur drei Szenarien führen zu – in unterschiedlichem Ausmaß – *sinkenden* Emissionen, und zwar das Effizienzszenario Faktor 4, und die beiden C-Szenarien der Global Energy Perspectives (GEP C1-2), die unter anderen ökologisch orientierten Vorgaben auch ein globales Klimaschutzregime unterstellen, das die Einführung neuer Technologien erzwingt. Mit den Szenarien dieser Gruppe wird eine Stabilisierung der CO_2-Konzentrationen bei ca. 450 bis 460 ppm erreicht.[29]

[29] Für das Faktor 4-Szenario entspricht das allerdings nur einer groben Schätzung, da für eine Bestimmung der Konzentrationen ein Szenariozeitraum von 100 Jahren notwendig ist, das Faktor 4-Szenario Projektionen aber nur bis zum Jahr 2050 vornimmt. Die Umrechnung der Emissionen in atmosphärische CO_2-Konzentrationen wurde mit einem Modell des Öko-Instituts vorgenommen. Zusätzliche CO_2-Senken bzw. zusätzliche CO_2-Abscheidung und -Deponierung wurden dabei nicht berücksichtigt.

Abbildung 3-6

Gesamtverbrauch und Anteile an Kohle, Öl, Gas, Kernenergie, erneuerbaren Energien und Biomasse weltweit



Quellen: IPCC (2000a), Nakicenovic u.a. (1998), Lovins, Hennicke (1999), Wolters (2001), Berechnungen des Öko-Instituts

(374) Eine zweite Gruppe von Szenarien bildet für die erste Hälfte dieses Jahrhunderts einen *Anstieg* der CO_2-Emissionen ab, auf den in der zweiten Hälfte ein jeweils deutlicher *Rückgang* folgt. Dazu gehören das IPCC-Szenario A1T (Technologie-Szenario), das IPCC-Szenario B1 (Nachhaltigkeits-Szenario) und das GEP-Szenario A3 (Erschöpfung fossiler Ressourcen). Bis zum Ende des Jahrhunderts ergibt sich bei IPCC-A1T eine CO_2-Konzentration von 600 ppm (noch keine Stabilisierung), bei IPCC-B1 eine Stabilisierung bei etwa 550 ppm, bei GEP-A3 ein Wert von ca. 560 ppm (noch leichte Zunahme) sowie bei IPCC-A1G eine Konzentration von 890 ppm (noch ohne absehbare Stabilisierung). Alle Szenarien, in denen die CO_2 Emissionen zurückgehen, werden, wie weiter unten diskutiert, von starken technologischen Umorientierungen bestimmt.

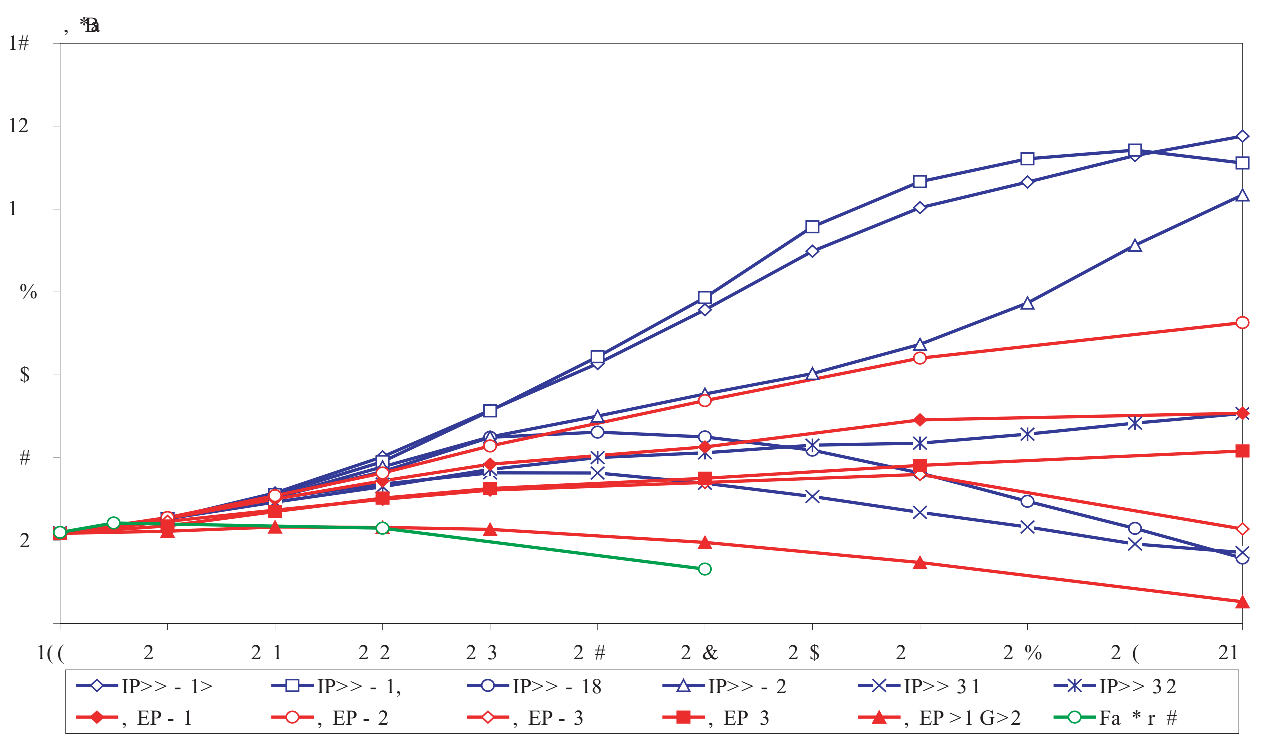
(375) Zu einer dritten Gruppe gehören diejenigen Projektionen, die nach erheblichen Zuwächsen in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts eine Stabilisierung bzw. eine starke Wachstumsdämpfung der jährlichen CO_2-Emissionen auf einem gegenüber heute weit erhöhten Niveau ausweisen. Dazu gehört das Szenario GEP A1, das bei hohem wirtschaftlichem Wachstum auf die Deckung des Energiebedarfs aus fossilen Quellen setzt, die erst am Ende des 21. Jahrhunderts von anderen Energieträgern abgelöst werden. Hier beträgt der jährliche Ausstoß von CO_2 am Ende des Projektionszeitraumes etwa das Zweieinhalbfache des Status quo. Das zweite Szenario dieser Art, das Szenario IPCC-A1G, weist einen noch erheblich höheren CO_2-Ausstoß von etwa dem Fünfeinhalbfachen des heutigen Niveaus aus. Die entsprechenden CO_2-Konzentrationen in der Erdatmosphäre liegen bei 635 ppm (GEP-A1) bzw. 890 ppm (IPCC A1G).

(376) Die vierte Gruppe von Szenarien ist durch das ganze 21. Jahrhundert hindurch stetig steigende CO_2-Emissionen charakterisiert. Beim Szenario GEP-B („Middle Course“) erreichen die Emissionen am Ende des 21. Jahrhunderts das *doppelte Niveau* des heutigen Ausstoßes. Daraus resultiert eine CO_2-Konzentration von etwa 580 ppm mit weiter steigender Tendenz. In den beiden „Unterentwicklungs“-Szenarien IPCC-A2 und -B2 steigen die CO_2-Emissionen durch die nachholende Entwicklung im Süden in der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts in erheblichem Maße (um den Faktor 3 bzw. 2); dies entspricht CO_2-Konzentrationen von 740 bzw. 620 ppm, ohne dass eine Stabilisierung absehbar wäre.

(377) Insbesondere mit Blick auf die resultierenden CO_2-Konzentrationen in der Erdatmosphäre muss festgehalten werden, dass eine alleinige Orientierung an den Jahresemissionen ohne Berücksichtigung des zeitlichen Profils der Emissionen noch keine ausreichende Gewähr dafür bietet, dass die Konzentration von CO_2 in der Erdatmosphäre im Verlauf des nächsten Jahrhunderts stabilisiert werden kann. Insbesondere gilt dies für diejenigen

Abbildung 3-7

Entwicklung der CO_2-Emissionen in den verschiedenen Projektionen



Quellen: IPCC (2000a), Nakicenovic u. a. (1998), Lovins, Hennicke (1999), Wolters (2001), EIA (2001), IEA (2000a), Berechnungen des Öko-Instituts

Szenarien, bei denen ein zunächst ungebrochenes Emissionswachstum erfolgt, auf das dann in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts mehr oder weniger massive Emissionsreduktionen folgen.

3.2.5 Vertiefte Betrachtung einiger Szenarienaspekte

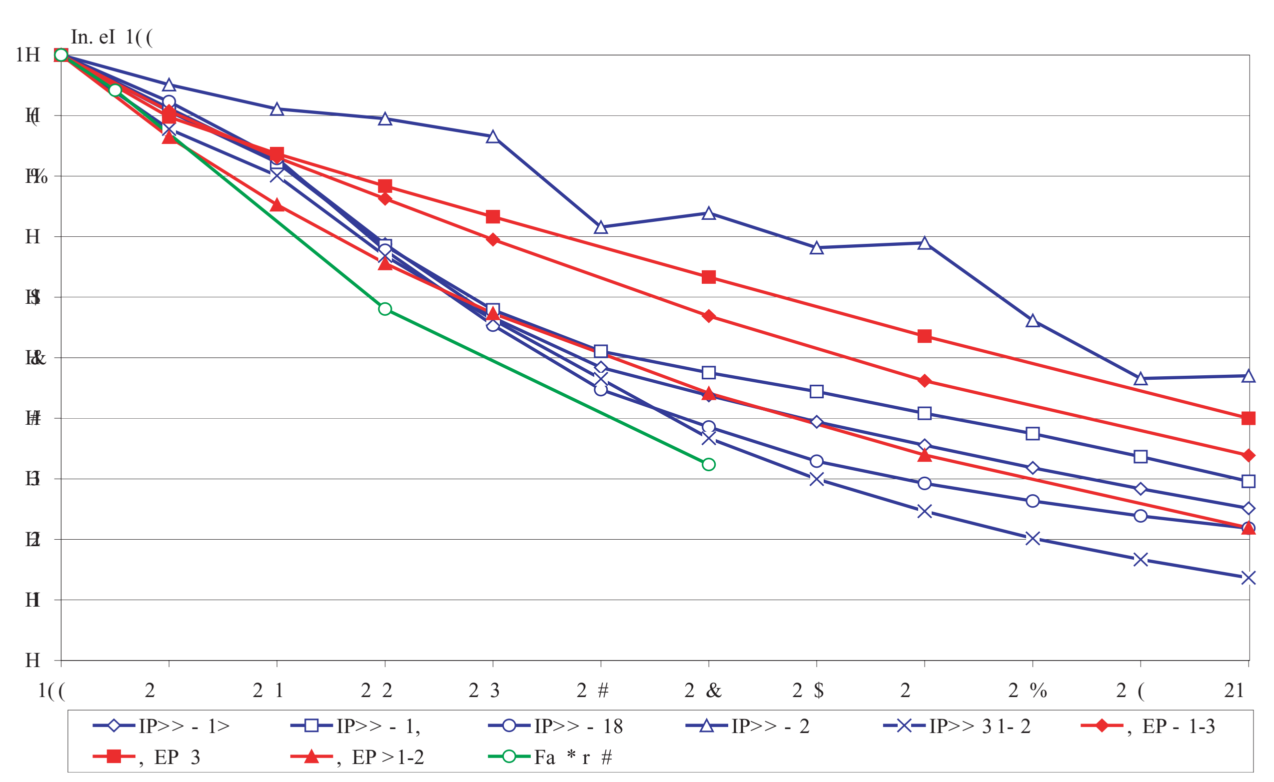
(378) Durch eine Betrachtung der energiepolitisch beeinflussbaren Rahmengrößen können die Ergebnisse der Projektionen vergleichbar gemacht und Ansatzpunkte für politisches Handeln identifiziert werden. Hierfür werden im Folgenden die Entwicklung der CO_2-Emissionen (Abbildung 3-7) den für die Struktur des Energiesystems maßgeblichen Faktoren „Energieeinsatz pro Einheit Bruttoinlandsprodukt“ (Abbildung 3-8) und „Entwicklung der Anteile verschiedener Energieträger am Primärenergiebedarf“ (Abbildung 3-9) gegenübergestellt.

(379) Alle Projektionen gehen davon aus, dass die *Effizienz des Energieeinsatzes* in den nächsten 100 Jahren wesentlich gesteigert wird. Diese Senkung der Energieintensität der Weltwirtschaft hängt von den Annahmen zur technologischen Entwicklung ab. Am deutlichsten geschieht sie im Faktor 4-Szenario, das forcierte Effizienzsteigerung als Teil der Szenarienphilosophie enthält, und dem IPCC B2-Szenario, das von einer globalisierten Welt mit mittlerem Wirtschaftswachstum aber hoher technologischer Dynamik ausgeht. Hier wird angenommen, dass die Energieintensität bis 2050 um 60 bis 70 % und zum Ende des Jahrhunderts um bis zu 85 % gesenkt werden kann. Auf diese Weise kann sogar ohne nennenswerte Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien (vgl. Abbildung 3-10) eine Trendumkehr in den CO_2-Emissionen erzielt werden.

(380) Die A1-Familie der IPCC-Szenarien geht von hohem Wirtschaftswachstum, globaler Mobilität und der Abnahme der Wohlstandsunterschiede zwischen Nord und Süd aus und erreicht so im weltweiten Durchschnitt immerhin eine Senkung der Energieintensität von über zwei Dritteln im Verlauf des nächsten Jahrhunderts. Eine noch stärkere Erhöhung der gesamtwirtschaftlichen Energieeffizienz ergibt sich in den klar ökologisch ausgerichteten IPCC-Szenarien B1 und B2. Von den GEP-Szenarien orientieren sich nur die C-Varianten stärker an Verbesserungen der Energieeffizienz. Das GEP-Szenario A mit hohem Wirtschaftswachstum basiert auf der Annahme einer wesentlich geringeren Verbesserung der Energieeffizienz. Das Referenzszenario B der „Global Energy Perspectives“ weist zusammen mit dem „Unterentwicklungsszenario“ IPCC A2 die niedrigsten Effizienzsteigerungsraten auf. In diesen „Business-as-usual“-Szenarien liegt die Energieintensität am Ende des 21. Jahrhunderts noch bei etwa 50 % des heutigen Niveaus.

Abbildung 3-8

Entwicklung des spezifischen Primärenergieeinsatzes je Einheit BIP in verschiedenen Projektionen



Quellen: IPCC (2000a), Nakicenovic u. a. (1998), Lovins, Hennicke (1999), Wolters (2001), EIA (2001), IEA (2000a), Berechnungen des Öko-Instituts

(381) Die Szenarien, in denen die gesamtwirtschaftliche Energieintensität auf unter ein Drittel des heutigen Niveaus gesenkt wird, sind in der Mehrheit auch die diejenigen, in denen die CO_2-Emissionen früher oder später stabilisiert zurückgeführt werden können (vgl. Abbildung 3-7). Es wird deutlich, dass es in den Szenarien, in denen Bemühungen um die Energieeffizienz nicht deutlich verstärkt werden, in keiner Weise gelingt, den steigenden Trend bei den CO_2-Emissionen aufzuhalten oder umzukehren.

(382) Wie Abbildung 3-9 anhand der *Kohlenstoffintensität der fossilen Energieträger* verdeutlicht, verschiebt sich der Mix innerhalb der fossilen Energieträger, je nach Szenarienphilosophie in unterschiedliche Richtungen. Nahezu keines der Szenarien rechnet allerdings damit, dass sich die Kohlenstoffintensität gegenüber dem heutigen Mix um mehr als 20 % steigert. Die Ausnahme bildet hier das auf verstärkte Kohlenutzung orientierte Szenario IPCC A1C. Die meisten Szenarien rechnen mit einer sinkenden Kohlenstoffintensität, was bedeutet, dass im Großen und Ganzen die kohlenstoffarmen Energieträger, insbesondere Erdgas, an Gewicht gewinnen.

(383) Im Szenario GEP C1, das auf Umweltentlastung abzielt, betragen die spezifischen, auf den Einsatz fossiler Energien bezogenen CO_2-Emissionen im Jahr 2100 nur noch 50 % der heutigen Emissionen, und das bei einem auf ein Viertel des heutigen Anteils gesunkenen Verbrauch an nicht-nuklearen und nicht-erneuerbaren Energieträgern (Abbildung 3-10 und Abbildung 3-11). Aber auch im Szenario GEP A3, das von einer Verknappung fossiler Rohstoffe ausgeht, sinkt gegen Ende des Betrachtungszeitraumes die Kohlenstoffintensität der fossilen Energieträger erheblich, was allerdings nur zu einer Stabilisierung der CO_2-Emissionen auf hohem Niveau führt.

(384) In allen Projektionen weisen die erneuerbaren Energieträger eine steigende Tendenz auf. Drei Gruppen von Szenarien lassen sich einteilen:

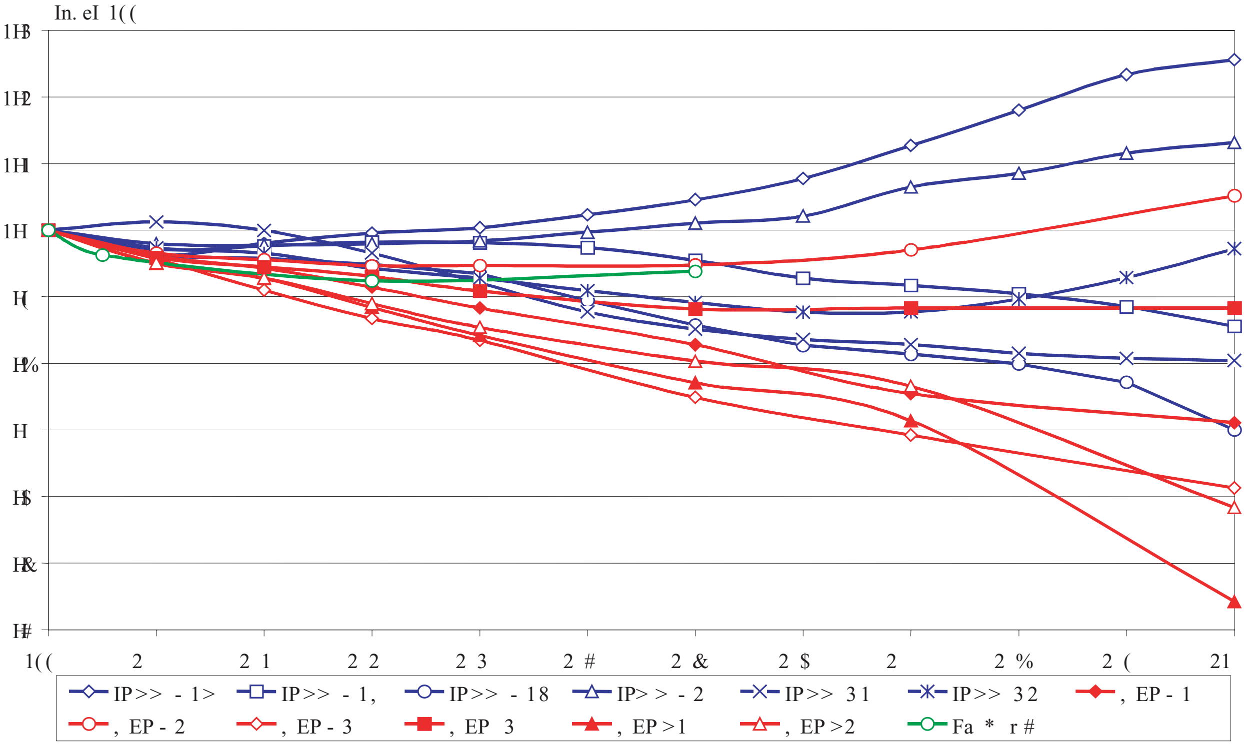
– In den auf fossile Energieträger orientierten Szenarien GEP A1 und A2 sowie IPCC A1C, A1G und im Unterentwicklungsszenario A2 erhöht sich der relative Beitrag erneuerbarer Energiequellen zur Primärenergiebedarfsdeckung maximal auf das Doppelte ihres Anteils im Basisjahr.

– In den Szenarien GEP A3 (Erschöpfung fossiler Brennstoffe) sowie IPCC B2 führt die stetige Vergrößerung des Anteils erneuerbarer Energien zum Ende des Jahrhunderts zu einer Ausweitung dieses Anteils um den Faktor 2,5 bis 3.

– Die ökologisch und auf neue Technologien ausgerichteten Szenarien GEP C1 und C2 sowie IPCC A1T und B1 erreichen sehr hohe Anteile erneuerbarer Energieträger. Dabei ergibt sich am Ende des Jahrhunderts ein

Abbildung 3-9

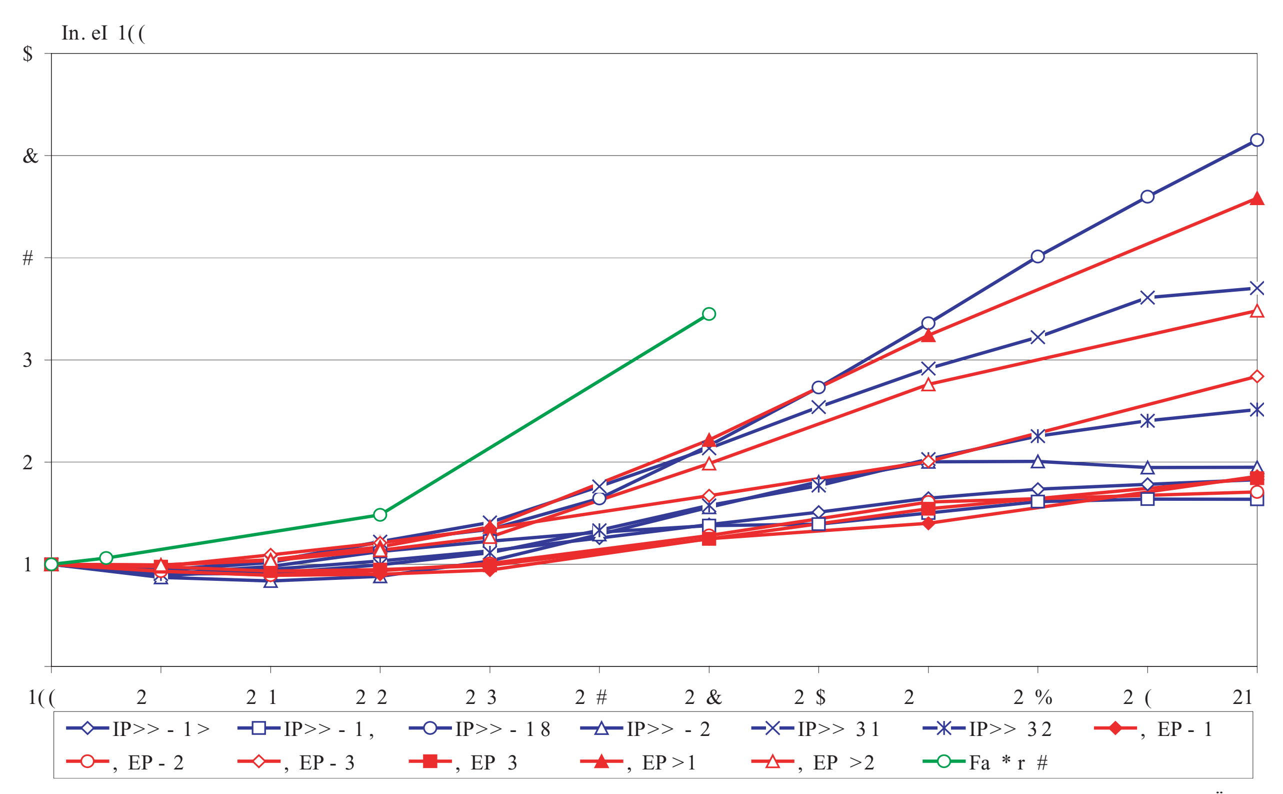
Entwicklung der Kohlenstoffintensität der fossilen Primärenergieträger



Quellen: IPCC (2000a), Nakicenovic u. a. (1998), Lovins, Hennicke (1999), Wolters (2001), EIA (2001), IEA (2000a), Berechnungen des Öko-Instituts

Abbildung 3-10

Entwicklung des Anteils erneuerbarer Energieträger



Quellen: IPCC (2000a), Nakicenovic u. a. (1998), Lovins, Hennicke (1999), Wolters (2001), EIA (2001), IEA (2000a), Berechnungen des Öko-Instituts

gegenüber dem Basisjahr auf das Dreieinhalb- bis Fünffache gesteigerter Anteil. Noch stärker forciert werden die erneuerbaren Energien im Effizienzszenario Faktor 4. Hier wird der Anteil schon in der Mitte des 21. Jahrhunderts um den Faktor 3,5 ausgeweitet, allerdings ist dies vor allem ein Effekt, der sich vor dem Hintergrund einer in den anderen Szenarien nicht so weitgehend erzielten Dämpfung des gesamten Primärenergieverbrauchs ergibt.

(385) Bezüglich der Kernenergie lassen sich in den Szenarien vier verschiedene Entwicklungsrichtungen ausmachen:

– Die Auslaufszenarien GEP C1 und Faktor 4 sehen für ihre Zieljahre 2100 bzw. 2050 keinen Anteil der Kernenergie am Gesamtenergieverbrauch mehr vor.

– In den meisten Projektionen spielt die Kernkraft eine begrenzte Rolle. Mit dem Zeithorizont 2050 wird von einer Ausweitung des Kernenergieanteils um den Faktor 2 bis 3 ausgegangen, bis zum Ende des Jahrhunderts um den Faktor 3 bis 6.

– Im auf neue Technologien orientierten Szenario (IPCC A1T) steigt die Rolle der Kernenergie bis zur Mitte des Jahrhunderts erheblich an, wird ab dann aber in zunehmendem Maße durch erneuerbare Energien verdrängt und nimmt erheblich ab.

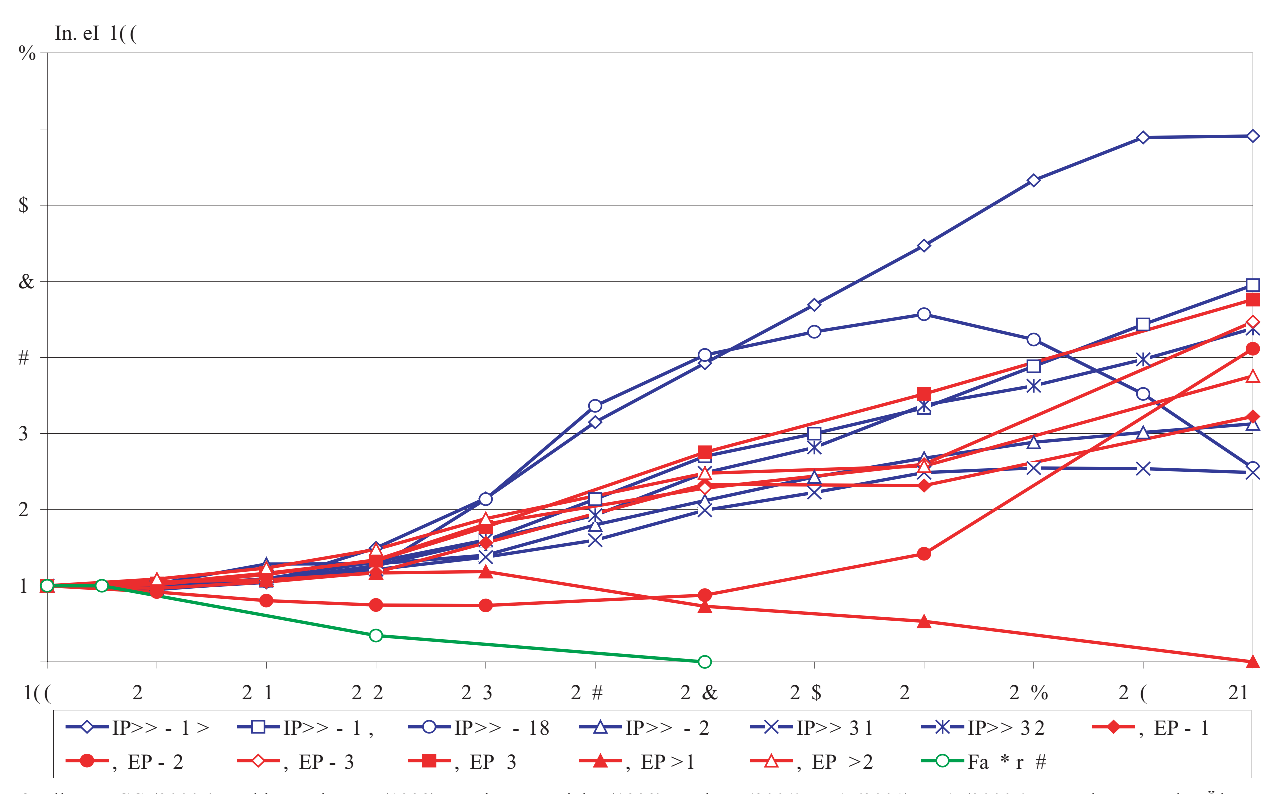
– Im kohleorientierten Szenario IPCC A1C wird die Kernenergie über nahezu den gesamten Projektionszeitraum massiv ausgebaut. In dem auf eine Erschöpfung der Öl- und Gasvorräte annehmendes Szenario A3 geht der Kernenergieanteil bis Mitte des Jahrhunderts zurück und wird dann wieder stärker ausgebaut.

(386) Analysiert man die verschiedenen Erklärungskomponenten für die Entwicklung der CO_2-Emissionen, so ergeben sich – der Übersichtlichkeit halber nur für die Szenarien, die eine Begrenzung oder Rückführung der CO_2-Emissionen zeigen – für die analysierten Szenarien interessante Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Komponenten (der maximale Skalenwert ergibt sich jeweils aus dem höchsten Wert aller analysierten Szenarien für das jeweilige Bezugsjahr).

(387) Ohne eine massive Erhöhung der Energieproduktivität der Volkswirtschaften können letztlich ambitionierte CO_2-Minderungen nicht erzielt werden. Die Szenarien mit höherer Energieproduktivität unterstellen im Regelfall auch höhere Anteile erneuerbarer Energiequellen an der gesamten Primärenergiebedarfsdeckung. Die Annahmen zur Kernenergie streuen vor dem Hintergrund der unterschiedlich eingeschätzten Risiko- und Akzeptanzeffekte sehr stark. Die geringsten Abweichungen ergeben sich bei der Kohlenstoffintensität der fossilen Energieträger.

Abbildung 3-11

Entwicklung des Anteils der Kernenergie



Quellen: IPCC (2000a), Nakicenovic u. a. (1998), Lovins, Hennicke (1999), Wolters (2001), EIA (2001), IEA (2000a), Berechnungen des Öko-Instituts

3.2.6 Zwischenfazit für globales Nachhaltigkeitsmanagement und energiepolitische Strategien

(388) Der Energieträgermix und die Energieverbrauchsniveaus werden für die meisten Projektionen mit der Szenarienphilosophie mehr oder weniger direkt vorgegeben. Aus der Analyse lassen sich jedoch einige allgemeine Erkenntnisse für die Entwicklung der zukünftigen Energiestrukturen ableiten:

– In fast allen Szenarien fallen die Anteile der fossilen Energieträger. Ihre sinkende Relevanz, sei es aufgrund der ökologisch motivierten Etablierung nicht-fossiler Konversionstechnologien oder aufgrund der Erschöpfung der Ressourcenbasis spielt vor allem langfristig eine große Rolle und bringt zwangsläufig massive technologische Veränderungen mit sich.

– Die Anteile der erneuerbaren Energieträger steigen durchgehend in allen Berechnungen. Auch dies ist offensichtlich eine Folge der Diversifizierungsprozesse.

– Die weitere Nutzung der Kernenergie basiert vor allem auf expliziten Richtungsentscheidungen, bleibt aber allenfalls ein Element mit begrenztem Wirkungsbeitrag.

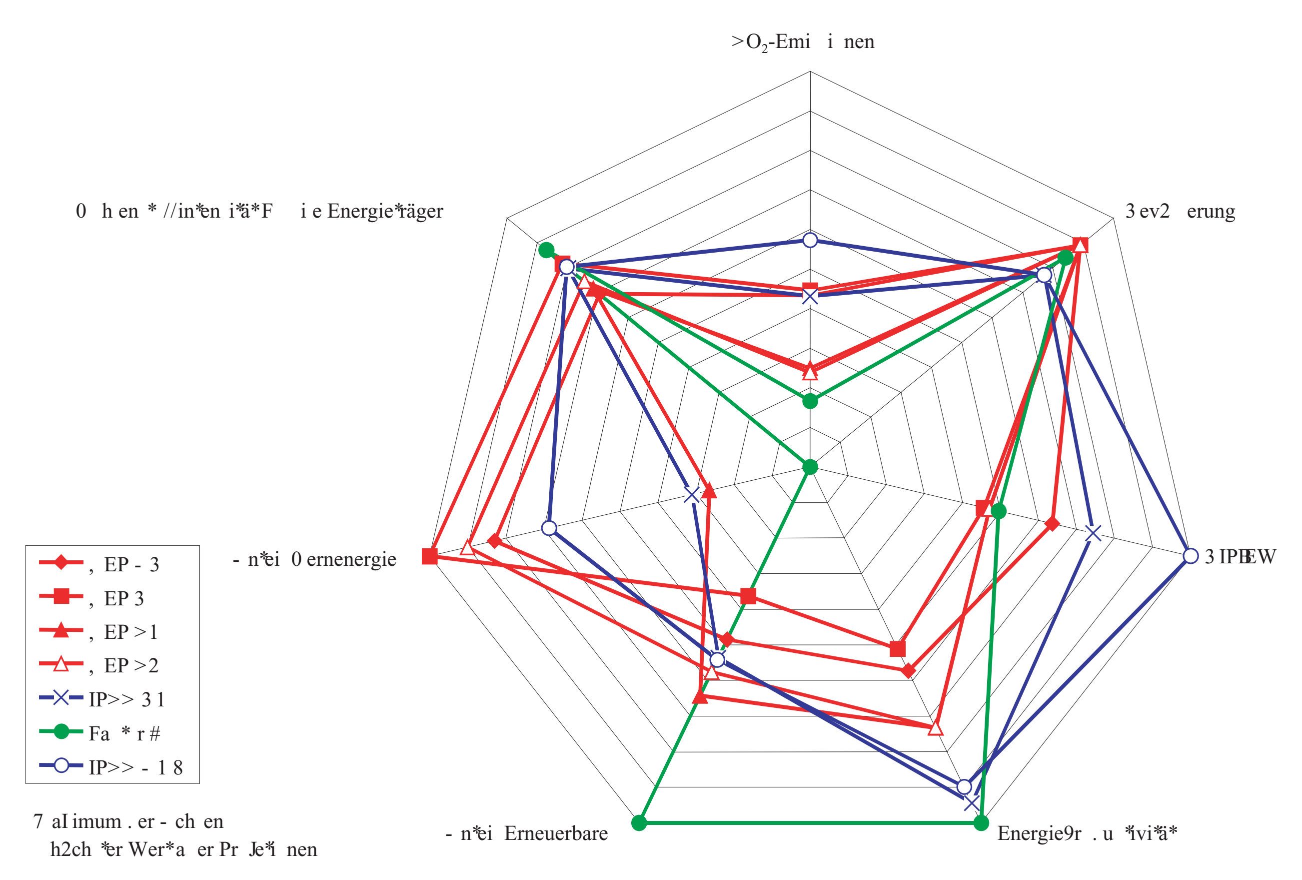
– Ohne signifikante Steigerung der Energieeffizienz und ohne eine breite Einführung erneuerbarer Energien wird es nicht gelingen, die Konzentration der Treibhausgase in der Atmosphäre auf einem akzeptablen Niveau zu stabilisieren bzw. im Verlauf des nächsten Jahrhunderts auf ein solches Niveau zu begrenzen.

(389) Ungeachtet dessen weisen die analysierten Langfristprojektionen bei vielen entscheidenden Parametern große Bandbreiten auf. Dies betrifft sowohl aus dem Blickwinkel der Energiepolitik eher exogene Prozesse (wirtschaftliche und demographische Entwicklung) als auch originär energiepolitisch beeinflussbare Größen (Energieeffizienz, Energieträgerstruktur). Für eine Nachhaltigkeitsbewertung ist neben den Klimagasemissionen, dem Einsatz von Technologien mit besonderen Risikoprofilen (Kernenergie) und der Ressourcenverfügbarkeit auch die Frage von Bedeutung, inwieweit in den verschiedenen Szenarien globale Entwicklungsfragen einer Lösung näher gebracht werden. Szenarien, in denen es nicht gelingt, die Einkommensunterschiede zwischen den verschiedenen Weltregionen abzubauen, können damit nicht als nachhaltig bezeichnet werden, selbst wenn ökologische Ziele erreichbar wären.

(390) Tabelle 3-2, zeigt einige wesentliche Charakteristika der hier dargestellten Projektionen im Überblick für den Zeithorizont 2050.

Abbildung 3-12

Kombination der Komponenten für das Jahr 2050



Quellen: IPCC (2000a), Nakicenovic u. a. (1998), Lovins, Hennicke (1999), Wolters (2001), EIA (2001), IEA (2000a), Berechnungen des Öko-Instituts

(391) Bewertet man die untersuchten Projektionen vor dem Hintergrund der Frage, welche Projektionen einen geeigneten Bezugsrahmen für ein nachhaltiges Energiesystem bilden können, so wird zunächst das Spannungsfeld zwischen Umwelt und Entwicklung deutlich. Nur eines derjenigen Szenarien, die eine weitgehende Annäherung der wirtschaftlichen Niveaus der Entwicklungsländer zumindest an das Ausgangsniveau der OECD-Staaten unterstellen, erreicht eine Stabilisierung der CO_2-Emissionen (IPCC B1). Schon aus diesem Grund wird zukünftig eine neue Qualität der Verzahnung von Entwicklungs- und Energie- bzw. Umweltpolitik notwendig werden.

(392) Wenn auch in der Gesamtschau der Reserven und der Ressourcen fossiler Brennstoffe mittelfristig keine Verknappungen dieser Rohstoffe zu erwarten sind,[30] so zeigt der exemplarische (!) Vergleich von kumulativem Verbrauch und derzeitigem Reservenstand (Tabelle 3-2), dass eine Weiterführung des extensiven Verbrauchs dieser Rohstoffe bis zum Ende dieses Jahrhunderts auch Probleme hinsichtlich der Ressourcenverfügbarkeit – vor allem bei den Kohlenwasserstoffen – aufwerfen kann.[31] Zunächst ungeachtet der durch die Klimaproblematik entstehenden Restriktionen entsteht auch hieraus eine Herausforderung für ein globales Nachhaltigkeitsmanagement.

(393) Klimapolitik bleibt naturgemäß die tiefgreifendste Herausforderung. Für eine Stabilisierung der CO_2-Konzentrationen unterhalb eines Niveaus von 550 ppm sind in jedem Falle Interventionen notwendig, um die Menge des zusätzlichen CO_2-Eintrages maßgeblich zu begrenzen. Energieeffizienz und die stärkere Nutzung erneuerbarer Energien werden dabei eine Schlüsselrolle spielen müssen.

(394) Die Rolle der Kernenergie – eine nach Auffassung der Kommissionsmehrheit nicht nachhaltige Energiequelle – bleibt in allen Szenarien, die in Bezug auf die Klimaproblematik als nachhaltig charakterisiert werden können (IPCC B1, GEP C1-2, Faktor 4), auf einen Anteil an der Primärenergiebedarfsdeckung von unter 12 % begrenzt.[32]

[30] Vergleiche dazu Kapitel 4.2 des Ersten Berichts der Kommission.

[31] Der über die Reserven hinausgehende Ressourcenbestand kann die Reserven um ein Mehrfaches übertreffen.

[32] Ein solcher Anteil entspricht immerhin einer installierten Kernkraftwerksleistung von weltweit 2,2 Mio. MW.

Tabelle 3-2

Überblickstabelle zu den untersuchten Projektionen, Zeithorizont 2050

			IPCC						Global Energy Perspectives						Faktor Vier[d]
			A1C	A1G	A1T	A2	B1	B2	A1	A2	A3	B	C1	C2	
Bruttoinlands-produkt	OECD	US$/EW	51 526	51 526	51 526	34 646	46 141	39 242	50 864	50 864	50 864	41 512	36 504	36 504	36 843
	Transformationsländer		29 787	29 787	29 787	7 149	14 647	16 256	14 664	14 664	14 664	7 571	7 355	7 355	8 586
	Asien		14 869	15 474	15 474	15 474	2 595	8 988	5 503	5 503	5 503	3 108	4 460	4 460	4 869
	Afrika & Lateinamerika		17 464	17 953	17 953	17 953	5 959	13 974	4 268	4 268	4 268	3 270	3 444	3 444	3 299
BIP-Niveau Entwicklungsländer[a]	Asien		81 %	81 %	81 %	14 %	47 %	47 %	8 %	8 %	8 %	8 %	9 %	9 %	9 %
	Afrika & Lateinamerika		94 %	94 %	94 %	33 %	73 %	36 %	22 %	22 %	22 %	17 %	18 %	18 %	17 %
CO_2-Emissionen	jährlich	Gt	76	79	45	55	34	41	43	54	34	35	20	19	13
	kumuliert[b]	Gt	2 601	2 615	2 172	2 275	1 899	1 965	2 011	2 218	1 754	1 757	1 335	1 319	1 267
CO_2-Konzentration	2100	ppmv	870	888	598	744	546	620	635	709	559	579	456	457	454
	Trend		↗	↗	↗	↗	→	↗	↗	↗	↗	↗	→	→	→
Primärenergie-verbrauch	Welt	EJ	1 377	1 495	1 213	1 014	837	869	1 040	1 040	1 033	830	596	597	434
	OECD		22 %	21 %	21 %	30 %	24 %	27 %	27 %	27 %	27 %	28 %	21%	21%	28 %
	Transformationsländer		8 %	7 %	8 %	11 %	8 %	11 %	15 %	15 %	15 %	12 %	12 %	12 %	8 %
	Asien		39 %	39 %	38 %	31 %	32 %	37 %	35 %	35 %	34 %	35 %	38 %	38 %	48 %
	Afrika & Lateinamerika		31 %	32 %	32 %	29 %	36 %	25 %	23 %	23 %	23 %	25 %	29 %	29 %	17 %
Effizienzniveau	Primärenergie je BIP	1990 = 100%	44 %	48 %	39 %	74 %	37 %	37 %	57 %	57 %	56 %	63 %	44 %	44 %	32 %
Kohleverbrauch	kumuliert[b]	ZJ	11,6	9,8	8,1	7,6	5,7	5,7	8,6	11,4	6,6	8,1	5,2	5,1	4,5
	Anteil der Reserven[c]		59 %	49%	41 %	38 %	29 %	29 %	43 %	58 %	33 %	41%	26 %	26 %	23 %
Ölverbrauch	kumuliert[b]	ZJ	10,8	11,8	11,3	13,0	10,6	12,0	12,4	10,9	10,3	9,2	7,5	7,5	7,5
	Anteil der Reserven[c]		244 %	267 %	255 %	294 %	240 %	271 %	282 %	247 %	232 %	208 %	170 %	170 %	169 %
Gasverbrauch	kumuliert[b]	ZJ	8,6	10,1	9,7	7,9	9,4	8,6	8,8	8,8	10,6	8,2	7,6	7,2	4,3
	Anteil der Reserven[c]		181 %	211 %	204 %	165 %	197 %	181 %	185 %	186 %	223 %	172 %	160 %	151%	91 %
Kernenergie	Leistung	TW	5,9	4,2	5,3	2,2	1,7	2,2	2,0	0,7	1,9	1,9	0,4	1,2	0,0
	Anteil Primärenergie		22 %	15 %	23 %	12 %	11 %	14 %	12 %	4 %	11 %	14 %	4 %	12 %	0 %
Erneuerbare Energie-quellen	Bereitstellung	EJ	214	236	259	174	215	159	232	238	308	185	236	211	267
	Anteil Primärenergie		21 %	21 %	33 %	24 %	33 %	24 %	22 %	23 %	30 %	22 %	40 %	35 %	62 %

Anmerkungen: [a] bezogen auf OECD-Niveau 1990 – [b] ab 1990 – [c] ausschließlich zur Illustration wurde in Klammern der Vergleich mit den 2001 von BP veröffentlichten Reservenangaben vorgenommen, die darüber hinausgehenden Ressourcenvorräte können der Reserven um ein Mehrfaches übertreffen – [d] CO_2-Konzentration geschätzt, da nur Emissionsdaten bis 2050.

Quellen: IPCC (2000a), Nakicenovic u. a. (1998), Lovins, Hennicke (1999), Wolters (2001), BP (2001), Berechnungen des Öko-Instituts

Zwei dieser Szenarien (GEP C1 und Faktor 4) unterstellen vor dem Hintergrund der besonderen Risiken dieser Energieform einen Verzicht auf die Kernenergie im Rahmen eines nachhaltigen Energiesystems und kompensieren diesen Verzicht durch stärkere Anstrengungen im Bereich der erneuerbaren Energiequellen bzw. der Energieeffizienz.

(395) Die Projektionen zeigen aber auch, dass in *jedem Fall* massive Anstrengungen zur Verbesserung der Energieeffizienz für ein nachhaltiges Energiesystem ohne jede Alternative sind. Das Niveau des wertschöpfungsbezogenen Energieeinsatzes muss nach den vorliegenden Szenarien bis 2050 um mehr als 60 % verbessert werden, wenn die Nachhaltigkeitsziele erreicht werden sollen. Auf globaler Ebene erhalten dabei die Entwicklungsländer eine zunehmende Bedeutung, aber auch weiterhin müssen die diesbezüglichen Entwicklungen in den OECD-Staaten weit über das business as usual hinausgehen. Mit der größeren Rolle der Entwicklungs- und Schwellenländer in der globalen Energiewirtschaft entsteht eine *zusätzliche* Herausforderung.

(396) Der absolute Beitrag erneuerbarer Energiequellen bewegt sich über alle Szenarien in einem – im Vergleich zu den Unterschieden bei anderen Kenngrößen der betrachteten Projektionen – relativ übereinstimmend abgegrenzten Band. Die teilweise sehr unterschiedlichen Deckungsbeiträge ergeben sich dabei vor allem aus den unterschiedlichen Energieverbrauchsniveaus. Mit dem Zeithorizont 2050 erweist sich ihre Rolle in den als nachhaltig charakterisierbaren Projektionen als etwa gleichrangig der Energieeffizienz. Auch im Bereich der erneuerbaren ist vor dem Hintergrund der betrachteten Szenarien ein starker Ausbau auf einen Beitrag von deutlich größer als 200 Exajoule alternativlos. Entwicklungs- und Schwellenländern wird bei einem solchen Ausbau der erneuerbaren Energien – auch im Lichte ihrer allgemein wichtigeren energiewirtschaftlichen Rolle – eine zentrale Rolle zukommen.

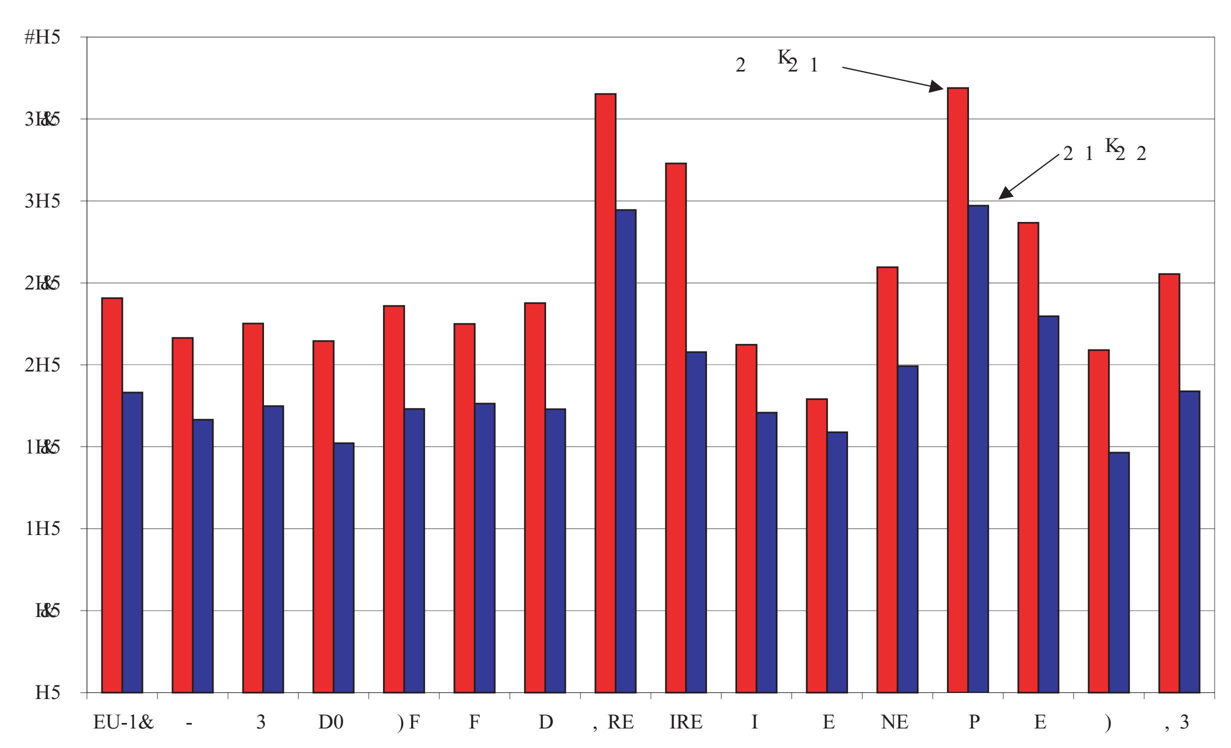
3.3 Entwicklungen in Europa

3.3.1 Demographische und wirtschaftliche Entwicklungen in der Europäischen Union

(397) Die demographische Entwicklung in der EU folgt den bereits in Kapitel 3.1.1 beschriebenen Trends. In der Summe der heutigen 15 Mitgliedstaaten wird bis zum Jahr 2015 eine Stagnation der Bevölkerung bei ca. 375 Mio. erwartet, danach wird sie bis zum Jahr 2025 leicht und danach bis 2050 stark zurückgehen, bis auf ein Niveau von ca. 10 % unter dem Wert von 2000 (340 Mio. Einwohner). Eine Erweiterung um die Länder Mittel- und Osteuropas sowie die baltischen Staaten wird den Trend des Bevölkerungsrückgangs noch verstärken; in den zehn Bewerberstaaten aus dieser Region ergibt sich bis zum Jahr 2050 ein Bevölkerungsrückgang um ca. 20 %. Unter allen Bewerberstaaten um die Mitgliedschaft in der EU wird allein für die Türkei ein erhebliches Bevölkerungswachstum

Abbildung 3-13

Projektion für die BIP-Wachstumsraten (real) in der EU-15, 2000–2010 und 2010–2020



Quelle: E3M-Lab (1999), Berechnungen des Öko-Instituts

erwartet,[33] das jedoch auch den gesamten Bevölkerungsrückgang in der EU allenfalls teilweise kompensieren könnte.

(398) Hinsichtlich der wirtschaftlichen Entwicklung erwarten aktuelle Projektionen für die EU (in ihrer heutigen Zusammensetzung) ein durchschnittliches Wachstum des Bruttoinlandsproduktes von ca. 2,4 % über die nächsten zehn bzw. von ca. 2,1 % über die nächsten 20 Jahre. Unter den heutigen Mitgliedstaaten wird danach für Griechenland, Irland, Spanien, Portugal und die Niederlande mit einem überdurchschnittlichen Wachstum, für alle anderen EU-Staaten mit eher unterdurchschnittlichen Werten gerechnet. Insgesamt wird für die EU in ihrer heutigen Abgrenzung bis zum Jahr 2020 eine Steigerung der Wirtschaftskraft von derzeit ca. 8 500 Mrd. € auf etwa 13 000 Mrd. € (in Preisen von 2000) angenommen. In der langfristigen Perspektive gehen Projektionen von einem mittleren BIP-Wachstum zwischen 1,3 bis 1,9 % über die nächsten 50 Jahre aus, das BIP-Volumen würde sich für die Gemeinschaft der heutigen EU-Mitgliedstaaten um den Faktor 1,9 bis 2,5 erhöhen.

(399) Für die zukünftigen Mitgliedstaaten unterstellen sowohl die mittel- als auch die langfristigen Projektionen – unter Maßgabe eines allmählichen Abbaus der Lücke zu den heutigen Mitgliedstaaten – erheblich höhere (reale) Wachstumsraten. Diese könnten sich – abhängig vom jeweiligen Land und dem Zeithorizont – in der Größenordnung von 2,5 % bis über 5,5 % jährlich bewegen. Aber selbst bei Wachstumsraten im oberen Bereich dieser Bandbreite wird der Anteil der neuen EU-Mitgliedstaaten 10 % des BIP der erweiterten EU *nicht* übersteigen.

3.3.2 Politischer Rahmen der Europäischen Union

(400) Der Energiesektor bildet seit den Anfängen der Europäischen Gemeinschaften ein konstituierendes Element der Europäischen Gemeinschaft. Zwei der drei Europäischen Verträge (Europäische Gemeinschaft für Kohle und Stahl sowie Europäische Atomgemeinschaft) beziehen sich in besonderer Weise auf den Energiesektor bzw. spezifische Segmente der Energiewirtschaft – auch wenn die zentralen Motive für den Abschluss der Verträge primär sicherheitspolitischer und weniger energiepolitischer Natur waren. Eine neue Qualität haben die energiepolitischen und energiewirtschaftlichen Dimensionen der Gemeinschaft letztlich mit der ab 1986 initiierten Schaffung des gemeinsamen Binnenmarktes – auch für den Energiesektor – gewonnen.

(401) Die Europäische Union hat keine direkte Kompetenz für eine europäische Energiepolitik. Trotzdem haben viele der den Energiesektor mittelbar oder unmittelbar betreffenden Regelungsbereiche mittlerweile eine maßgebliche EU-Komponente, auch wenn die Politikintegration jenseits der grundsätzlichen EU-Kompetenzen in den verschiedenen Bereichen praktisch in unterschiedlichem Maße vorangetrieben wurde:

– Weit fortgeschritten ist die Entwicklung des Europäischen Binnenmarkts, mit zunehmender Dynamik auch im Energiesektor sowie hinsichtlich *wettbewerbsrechtlicher Regelungen.* Zu diesem Bereich gehört auch die Kompetenz zur Entwicklung der transeuropäischen Netze.

– Im Bereich traditioneller *umweltpolitischer Regelungsbereiche* ist die Integration relativ weit vorangekommen. Für den Energiesektor sind hier vor allem die Regelungen zur Minderung der klassischen Schadstoffemissionen relevant. Im Bereich Klimaschutz zeichnet sich eine gemeinsame Politik erst in Ansätzen ab, gewinnt jedoch zunehmend an Bedeutung (Europäisches Klimaprogramm ECCP, Grünbuch und Richtlinienentwurf Emissionshandel, Richtlinie zur Förderung der erneuerbaren Energien etc.).

– Spezifische gemeinschaftliche Regelungen existieren im Bereich der *Kernenergie,* die den Bereich von Forschung und Entwicklung, die Bereitstellung günstiger Finanzierungen sowie das Eigentum und die Kontrolle spaltbaren Materials betreffen. Dabei bleiben die Regelungen hinsichtlich der nuklearen Sicherheit strikt den Mitgliedstaaten vorbehalten.

– Eine ganze Reihe gemeinschaftlicher Politikansätze betrifft den Bereich von Forschung, Entwicklung und Demonstration (SAVE, ALTENER, JOULE, THERMIE, Nuklearforschung etc.), mit allerdings sehr unterschiedlicher Mittelausstattung, Fristigkeit und Kontinuität.

(402) Die starke energiepolitische Relevanz vieler EU-Regelungen in angrenzenden Politikbereichen auf der einen Seite sowie die fehlende energiepolitische Kompetenz der EU auf der anderen Seite münden auch in der Festlegung, dass z. B. für umweltpolitische Maßnahmen der EU, die den Energiesektor erheblich berühren, das *Prinzip der Einstimmigkeit* vorgeschrieben wird.

(403) Die Weiterentwicklung des *europäischen Binnenmarktes* bildet eine entscheidende Rahmenbedingung für die Entwicklung des Energiesektors.[34] Dazu gehört auch, dass energieträger- bzw. sektorspezifische Regelungen abgebaut und in einen einheitlichen Rahmen überführt werden, sofern dem nicht spezifische Notwendigkeiten entgegenstehen. Einen Schritt dahin beschreibt das ersatzlose Auslaufen des Vertrages über die Europäische Gemeinschaft für Kohle und Stahl (EGKS) nach fünfzigjähriger Laufzeit am 23. Juli 2002. Kohle und Stahl erhalten nach dem Auslaufen den Status normaler Industrieprodukte. Übergangsregelungen betreffen allein die Nutzung der Eigentumsrechte an den EGKS-Mitteln,[35] die institutionelle Neuverankerung der kohle- und stahlspezifischen Konsul-

[33] Für die Türkei werden für 2015 ca. 79, für 2025 fast 87 und für 2050 etwa 99 Mio. Einwohner erwartet (UN 2001).

[34] Die Enquete-Kommission hat in ihrem ersten Bericht (Kapitel 4.3.2) den bisherigen Prozess der Liberalisierung für die leitungsgebundenen Energiemärkte eingehend beschrieben und seine Folgen analysiert.

[35] Protokoll über die finanziellen Folgen des Ablaufs des EGKS-Vertrags und über den Forschungsfonds für Kohle und Stahl zum Vertrag von Nizza.

tationsprozesse[36] sowie eine bis zum Jahr 2010 begrenzte Regelung[37] zur Zulässigkeit von (schrittweise zurückzuführenden) Beihilfen für die Sicherung der Ressourcen, die Rücknahme der Fördertätigkeit sowie außergewöhnliche Belastungen (Altlasten).

(404) Eine vergleichbare Überführung der sektorspezifischen und teilweise auch binnenmarkt- und wettbewerbsrelevanten Sonderregelungen des Euratom-Vertrages (Euratom-Darlehen, Euratom-Versorgungsagentur) ist bisher nicht abzusehen, da der Euratom-Vertrag im Gegensatz zum EGKS zeitlich nicht begrenzt ist. Eine Debatte über die Sinnfälligkeit und den Zweck des Euratom-Vertrages als einzig verbleibendem sektorspezifischen Vertrag ist in der Folge des Ablaufs des EGKS-Vertrages verstärkt zu erwarten, wenn auch derzeit kein klares Ergebnis eines solchen Diskussionsprozesses abzusehen ist.

(405) Die Bemühungen zur Weiterentwicklung des europäischen Binnenmarktes für Energie mit einer Beschleunigung und Verstärkung der wettbewerblichen Öffnung der Strom- und Gasmärkte können kurzfristig eine neue Dynamik erhalten. Dies betrifft die Beschleunigung der Marktöffnung, die Vereinheitlichung der Regulierungssysteme sowie die Schaffung von transparenteren Regelungen zu grenzüberschreitenden Energielieferungen (als Voraussetzung für einen funktionierenden Binnenmarkt) und gegebenenfalls die Verstärkung der Infrastruktur für weiträumige Energielieferungen (Florenz- und Madrid-Prozess).[38] Mit der Schaffung entsprechender Regelungen kann der Wettbewerb intensiviert werden, es besteht jedoch insbesondere bei besonderen Unterstützungsmaßnahmen zugunsten infrastruktureller Maßnahmen auch die Gefahr von Wettbewerbsverzerrungen zu Gunsten weiträumiger Energielieferungen und zu Lasten regionaler und dezentraler Erzeugungsoptionen.

(406) Im Bereich der erneuerbaren Energiequellen hat sich die EU mit ihrer Richtlinie zur Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen im Elektrizitätsbinnenmarkt[39] mit dem erklärten Ziel der zukünftigen Schaffung eines zukünftigen Gemeinschaftsrahmens u. a. auf ein System nationaler Richtziele für die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen bis zum Jahr 2010 verständigt. Sofern staatliche Beihilfen zur Förderung erneuerbarer Energien genutzt werden sollen, werden diese durch den Gemeinschaftsrahmen für staatliche Umweltschutzbeihilfen eingeschränkt.[40] Darüber hinaus hat die EU eine Reihe von Regelungen und Förderprogrammen zur Forschung und Entwicklung im Bereich der erneuerbaren Energien geschaffen.

(407) Gestützt auf die Gemeinschaftskompetenzen zum Umweltschutz, aber auch für die Entwicklung des Binnenmarktes sowie im Verkehrsbereich realisiert bzw. plant die EU eine Reihe von Initiativen im Rahmen einer Gemeinschaftsstrategie zur Förderung der Energieeffizienz. Hintergrund der auf EU-Ebene ergriffenen Maßnahmen ist das Ziel, die Energieproduktivität in der EU-15 gegenüber dem „Business as usual“ jährlich zusätzlich um einen Prozentpunkt zu verbessern. Die in einem Aktionsplan zusammengefassten Maßnahmen reichen von unmittelbaren rechtlichen Regelungen bis zu Selbstverpflichtungsvereinbarungen und erstrecken sich auf Handlungsfelder von der Kraft-Wärme-Kopplung bis zu elektrischen Haushaltsgeräten.[41] Sofern für Maßnahmen in den Mitgliedstaaten staatliche Beihilfen zur Förderung der Energieeffizienz genutzt werden sollen, werden auch diese durch den Gemeinschaftsrahmen für staatliche Umweltschutzbeihilfen (s. o.) eingeschränkt. Auch im Bereich der Energieeffizienz ist die EU im Bereich von Forschung und Entwicklung aktiv.

(408) Insbesondere mit der Richtlinie zur Begrenzung von Schadstoffemissionen von Großfeuerungsanlagen in die Luft[42] sind auf der EU-Ebene mittlerweile einheitliche Anforderungen für die ökologischen Standards von Energieerzeugungsanlagen im Bereich der klassischen Schadstoffe und ein konsistenter ökologischer Rahmen für den Wettbewerb im Bereich der thermischen Kraftwerke geschaffen worden. Neue Kraftwerke müssen strenge Grenzwerte erreichen, für bestehende Anlagen müssen definierte Emissionshöchstmengen und -zielvorgaben eingehalten werden. Einen über die Energiewirtschaft im engeren Sinne hinausgehenden Rahmen bildet schließlich die Richtlinie über nationale Emissionshöchstmengen für bestimmte Luftschadstoffe,[43] die für die gesamten klassischen Luftschadstoffemissionen der jeweiligen Mitgliedstaaten Minderungsziele setzt.

(409) Klimaschutz gehört zu den strategischen Prioritäten der EU in Bezug auf eine nachhaltige Entwicklung. Eine gemeinschaftliche Strategie zum Klimaschutz wird unausweichlich sein, da die EU selbst Vertragspartei des Kioto-Protokolls ist. Die EU hat dazu ein Europäisches Programm zur Klimaänderung vorgelegt, das eine Vielzahl von Maßnahmen umfasst, die maßgeblich auch den Energiesektor umfassen.[44] Eine ganze Reihe von Richtlinienentwürfen (Energieeffzienz, Kraft-Wärme-Kopplung etc.) sollen danach bereits kurzfristig vorgelegt werden.

---

36 Europäische Union (2000e) (KOM(2000)588endg.).

37 Verordnung über einen Gemeinschaftsrahmen für staatliche Beihilfen für den Steinkohlenbergbau (Beschluss des Rates vom 7. Juni 2002)

38 Zur Verdeutlichung des Diskussionsstandes vgl. hierzu: Europäische Union (2001b) (KOM(2001)125endg.), Europäische Union (2001d) (KOM(2001)125-2endg.), Europäische Union (2001e) (KOM(2001) 125-3endg.), Europäische Union (2001i) (KOM(2001)775endg.).

39 Europäische Union (2001j): Richtlinie 2001/77/EG (ABl. EG L283/ 33ff.).

40 Gemeinschaftsrahmen für staatliche Umweltschutzbeihilfen (ABl. EG C37/03 ff.).

41 Zum Überblick vgl. Europäische Union (2000c) (KOM(2000) 247endg.). Der Aktionsplan überschneidet sich in wesentlichen Punkten mit dem Europäischen Programm zur Klimaänderung (ECCP), vgl. auch die Ausführungen zu Tz. 112.

42 Europäische Union (2001k): Richtlinie 2001/80/EG (ABl. EG L 309/ 1ff.).

43 Europäische Union (2001l): Richtlinie 2001/81/EG (ABl. EG L 309/22ff.).

44 Vgl. Europäische Union (2001g) (KOM(2001)580endg.).

Mit dem Vorschlag zur Einführung eines EU-weiten Emissionshandels für Treibhausgase[45] wird im Bereich Klimaschutz erstmals ein Klimaschutzinstrument mit hoher Eingriffstiefe von der EU initiiert.

(410) In Bezug auf die Kernenergie ist die Dichte verbindlicher Regelungen auf EU-Ebene mit Ausnahme der Bereiche Proliferation und gesundheitlicher Strahlenschutz vergleichsweise gering. In den wichtigen und – in Bezug auf den gemeinsamen Markt und Wettbewerbsbedingungen – kostenrelevanten Regelungsbereichen Entsorgung und Haftung dominieren jedoch nationalstaatliche Regelungen. So unterscheiden sich die für die Brennstoff- und Anlagenentsorgung einschlägigen Leistungskataloge, Realisierungszeiträume und Rückstellungsvarianten zwischen den EU-Mitgliedstaaten erheblich, was neben den unterschiedlichen Umsetzungseffizienzen zu signifikanten Unterschieden in den Entsorgungskostenbelastungen der nuklearen Stromerzeugung führt.[46] Auch müssen die kernenergiebetreibenden Unternehmen in den verschiedenen EU-Mitgliedstaaten in sehr unterschiedlichem Maße Haftungsvorsorge treffen, was ebenfalls mit unterschiedlichen Kostenbelastungen verbunden ist (Tabelle 3-3).[47] Hinsichtlich der Sicherheitsstandards erwies sich das Fehlen einheitlicher Regelungen insbesondere im Kontext der EU-Erweiterung als erhebliches Defizit. Vor diesem Hintergrund wird seit 1999 versucht, im Rahmen der Western European Nuclear Regulators Association (WENRA) gemeinsame Ansätze zur Reaktorsicherheit und entsprechenden Regulierungsverfahren zu entwickeln; das Ziel einheitlicher und verbindlicher Sicherheitsstandards für die Kernenergienutzung ist jedoch bisher nicht erreicht.

(411) Der Energiesektor gewinnt auf EU-Ebene in zunehmendem Maße auch außenpolitische Bedeutung. Die Gemeinschaft ist diesbezüglich mit eigenen Initiativen zum Dialog mit wichtigen Lieferstaaten, vor allem in Bezug auf Russland („Energiepartnerschaft“) und den Iran

Tabelle 3-3

Haftungsregelungen für zivile nukleare Risiken

<table>
<tr><th>Land</th><th>Haftungshöchstsummen nach nationaler Gesetzgebung [a]</th><th>Notwendige Deckungsvorsorge [a,b]</th></tr>
<tr><td>Belgien</td><td>298 Millionen €</td><td rowspan="7">2.500 Millionen € [c]</td></tr>
<tr><td>Finnland</td><td>250 Millionen €</td></tr>
<tr><td>Frankreich</td><td>92 Millionen €</td></tr>
<tr><td>Deutschland</td><td>unbegrenzt</td></tr>
<tr><td>Grossbritannien</td><td>227 Millionen €</td></tr>
<tr><td>Niederlande</td><td>340 Millionen €</td></tr>
<tr><td>Spanien</td><td>150 Millionen €</td></tr>
<tr><td>Schweiz</td><td>unbegrenzt</td><td>674 Millionen €</td></tr>
<tr><td>Slowakische Republik</td><td>47 Millionen €</td><td rowspan="3"></td></tr>
<tr><td>Tschechien</td><td>177 Millionen €</td></tr>
<tr><td>Ungarn</td><td>143 Millionen €</td></tr>
<tr><td>Kanada</td><td>54 Millionen €</td><td rowspan="3">226 Millionen €</td></tr>
<tr><td>USA</td><td>10.937 Millionen €</td></tr>
<tr><td>Mexiko</td><td>12 Millionen €</td></tr>
<tr><td>Japan</td><td>unbegrenzt</td><td rowspan="2">538 Millionen €</td></tr>
<tr><td>Korea</td><td>4.293 Millionen €</td></tr>
</table>

Anmerkungen: [a] Umrechung nach offiziellen Wechselkursen 06/2001-06/2002 bzw. 01/2001-01/2002 – [b] falls von der Haftungshöchstsumme abweichend – [c] 256 Mio. € Versicherung, 2,5 Mrd. € Betreiberpool, 179 Mio. € nach Brüsseler Zusatzabkommen zum Pariser Haftungsübereinkommen.

Quelle: OECD/NEA, BMU, Umrechnungen durch das Sekretariat der Enquete-Kommission

45 Vergleiche Europäische Union (2000a) (KOM(2000)87endg.) sowie Europäische Union (2001h) (KOM(2001)581 endg.).

46 Vergleiche hierzu Nolden u.a. (1997), Drasdo (2000), Sadnicki, MacKerron (1997), WI/Öko-Institut (2000).

47 Charpin u. a. (2000, S. 270) resümieren dazu: „The system currently in force in Germany and in Sweden is similar to the French system but the operator is responsible for compensation at a ceiling significantly higher than the value in France ... Therefore, the manner in

aktiv geworden. Gleichzeitig spielen energiepolitische Fragestellungen eine zunehmende Rolle bei den Aktivitäten der EU im Mittelmeerraum (Algerien, Libyen etc.), auf dem westlichen Balkan und im Ostseeraum.

(412) Mit dem Grünbuch zur Versorgungssicherheit[48] hat die Europäische Kommission die Diskussion um die verschiedenen Facetten der Versorgungssicherheit neu angestoßen und diese insbesondere auf die Frage nach *EU-Kompetenzen* für die *Energiepolitik* zugespitzt. Angesichts der vielfältigen, die Energiepolitik wesentlich determinierenden EU-Regelungen, die gleichzeitig weder auf der EU-Ebene selbst noch zwischen EU- und nationalen Politiken widerspruchsfrei sind, entwickelt sich die Erhöhung der Konsistenz von Regelungskompetenzen und -bereichen in der Europäischen Union sowie ihren Mitgliedstaaten zu einer wesentlichen Herausforderung für zukünftige Politiken zur Aus- und Umgestaltung des Energiesektors in eine nachhaltige Richtung. An Bedeutung gewinnt diese Herausforderung auch durch die Erweiterung der Europäischen Union – die Spezifika der zukünftigen Mitgliedstaaten lassen die Fokussierung auf konsistente, effektive und effiziente Nachhaltigkeitspolitik noch wichtiger werden als im Rahmen der heutigen EU.

3.3.3 Erweiterung der Europäischen Union

(413) Wesentliche Veränderungen in den politischen Rahmenbedingungen für Energiepolitik in Europa ergeben sich aus der Erweiterung der Europäischen Union. Derzeit steht eine solche Erweiterung vor allem für drei Ländergruppen bzw. Länder in der Diskussion; Voraussetzung für den Beitritt zur EU bildet die Erfüllung der sogenannten Kopenhagen-Kriterien (Kasten 3-2):

– 1990 haben Zypern und Malta Anträge auf Aufnahme gestellt. Die offiziellen Beitrittsverhandlungen laufen seit März 1998 (Zypern) bzw. Februar 2000 (Malta). Eine Reihe (politischer) Probleme haben den Aufnahme-Prozess dieser beiden Staaten immer wieder verzögert. Seit 1998 wird mit Zypern, seit 2000 wird mit Malta offiziell verhandelt. Wesentliche energiepolitische Auswirkungen wird die Erweiterung um diese Staaten nicht haben.

– Von 1994 bis 1996 haben insgesamt zehn Staaten Mittel- und Osteuropas (Bulgarien, Tschechien, Ungarn, Polen, Rumänien, Slowakei, Slowenien) bzw. der früheren Sowjetunion (Estland, Lettland, Litauen) Aufnahmeanträge für die EU gestellt; seit März 1998 wird mit Tschechien, Estland, Ungarn, Polen und Slowenien bzw. seit Februar 2000 mit Slowakei, Lettland, Litauen und Bulgarien verhandelt. Mit hoher Wahrscheinlichkeit werden acht Länder im Jahr 2004 in die EU aufgenommen. Nur für zwei Staaten (Bulgarien, Rumänien) wird eine Integration in die EU wohl erst mit längerem Zeithorizont möglich werden. Gerade die Aufnahme der mittel- und osteuropäischen sowie der baltischen Staaten in die EU ist aus mehreren Gründen von erheblicher energiepolitischer Bedeutung (s.u.).

– Die Türkei hat bereits 1987 die Aufnahme in die Europäische Union beantragt. Da die politischen und wirtschaftlichen Kriterien jedoch in noch nicht ausreichendem Maße erfüllt sind, ist eine kurzfristige Integration der Türkei in die EU nicht abzusehen, zumal zwischen der EU und der Türkei keine Beitrittsverhandlungen stattfinden und seitens der EU derzeitig auch nicht beabsichtigt sind.

Kasten 3-2

Kriterien für die Aufnahme in die Europäische Union (Kopenhagen-Kriterien)

Politische Kriterien

Institutionelle Stabilität als Garantie für die demokratische und rechtsstaatliche Ordnung, für die Wahrung der Menschenrechte sowie die Achtung und den Schutz von Minderheiten

Wirtschaftliche Kriterien

Existenz einer funktionsfähigen Marktwirtschaft sowie der Fähigkeit, dem Wettbewerbsdruck und den Marktkräften innerhalb der Union standzuhalten

Übernahme des Besitzstandes der Gemeinschaft

Übernahme der aus einer Mitgliedschaft erwachsenden Verpflichtungen und der Ziele der Politischen Union sowie der Wirtschafts- und Währungsunion

which the nuclear risk is insured is particular because the State may pay additional compensation after the operator has paid the maximum amount of his liability. Some consider this to be a form of potential subsidy, others that it is an obligation of the State.“

[48] Europäische Union (2000f) (KOM(2000)769endg.).

(414) Neben den genannten Staaten kommen für zukünftige Erweiterungsschritte noch weitere Staaten in Betracht. Potenzielle Bewerberstaaten sind zunächst die Staaten des westlichen Balkans.

(415) Die Mitgliedschaft der EU kann sich damit von heute fünfzehn Staaten (EU-15) in der kurz- und mittelfristigen Perspektive auf 25 Staaten (EU-25) und mittel- bis langfristig sogar auf mehr als 30 Staaten (EU-30+) erhöhen. Weiterhin bilden auch die Europäische Freihandelszone (EFTA) und die bilateralen Regelungen mit den Nicht-EU-Staaten Norwegen und der Schweiz eine spezifisch europäische Klammer für die Energiepolitik. Die absehbare Aufnahme weiterer Staaten Ost- und Mitteleuropas und eventuell auch der baltischen Staaten in die NATO wird den Zusammenhalt der europäischen Staatengemeinschaft noch verstärken.

(416) Die Entscheidungsstrukturen in einer Europäischen Union mit 25, 30 oder mehr Mitgliedstaaten werden sich deutlich verändern (müssen). Mehrheitsentscheidungen und klarere Aufgabenzuweisungen werden eine größere Rolle spielen, wenn die Handlungsfähigkeit der Gemeinschaft und ihrer Mitgliedstaaten erhalten und ausgeweitet werden soll. Gleichzeitig wird sich die Konkurrenz um die verfügbaren Mittel vergrößern. Eine wichtige Herausforderung im Erweiterungsprozess besteht darin, wie die (notwendigen) Mitteltransfers in die neuen Mitgliedstaaten ausgestaltet werden, ohne dass sie zu Lasten der Kooperation mit den Entwicklungsländern gehen.

(417) Mit der Osterweiterung der EU wird sich die Notwendigkeit ergeben, die Beziehungen mit Russland, der Ukraine und gegebenenfalls Weißrussland in eine neue Qualität zu überführen. Dies ergibt sich vor allem aus der mehr als 1000 km langen Grenze Polens zu diesen drei Staaten und insbesondere der spezifischen Situation des Kaliningrader Gebietes, das zukünftig als russische Exklave zwischen Staaten der Europäischen Union liegen wird. Eine Aufnahme Russlands, Weißrusslands oder der Ukraine in die europäische Union ist aus einer Vielzahl von Gründen eher nicht zu erwarten (Gleichgewichtigkeit, Erfüllung der politischen und wirtschaftlichen Kriterien etc.). Möglich erscheint jedoch z. B. die Schaffung einer Freihandelszone sowie der Abschluss einer Vielzahl von politischen und wirtschaftlichen Vereinbarungen zwischen der EU auf der einen sowie Russland, Weißrussland und der Ukraine auf der anderen Seite.

(418) Hinsichtlich des Energiesektors hat diesbezüglich vor allem die Energiecharta erhebliche Potenziale. Inwieweit dieses Instrument in der multilateralen energiewirtschaftlichen und energiepolitischen Zusammenarbeit seine Wirkung entfalten kann, wird sich vor allem an der Haltung Russlands zu diesem Übereinkommen entscheiden und ist derzeit noch nicht absehbar.

(419) Sowohl die relativ kurzfristig bevorstehenden als auch die langfristig denkbaren Erweiterungsschritte der EU sowie die zukünftig wahrscheinlich engeren Beziehungen mit Russland, Weißrussland bzw. der Ukraine haben nicht unerhebliche Veränderungen der Rahmenbedingungen für Energiepolitik auf europäischer Ebene bzw. im europäischen Rahmen zur Folge (s. u.).

(420) In den kurzfristig zu erwartenden Erweiterungsschritten wird die *Bevölkerung* der EU um ca. 20 % zunehmen. Die Mehrzahl der Beitrittsstaaten hat dabei eine Bevölkerung von unter 10 Mio. Menschen. Kurzfristig sind allein Polen (ca. 38 Mio. Einwohner) und mittel- bzw. langfristig Rumänien (22 Mio. Einwohner) den größeren Staaten zuzurechnen. Mit der Türkei (derzeit etwa 64 Mio. Einwohner mit stark steigender Tendenz) würde sich die EU-Bevölkerung nochmals erheblich ausweiten. In den nächsten 20 Jahren könnte ein gemeinsamer Markt mit mehr als 550 Mio. Einwohnern und einer Wirtschaftskraft von 15 Billionen Euro (zu heutigen Preisen) oder mehr entstehen.

(421) Die Osterweiterung der Europäischen Union ist im Vergleich zu vorangegangenen Erweiterungsschritten die Erweiterung mit dem *größten wirtschaftlichen Gefälle.* In den bisher vier Erweiterungsschritten[49] hatten die neuen Mitgliedstaaten zum Teil vergleichbare oder sogar höhere Niveaus der Wirtschaftskraft als die Union. Im Jahr der Aufnahme von Griechenland (1981) sowie von Spanien und Portugal (1986) lag das BIP je Einwohner in diesen Ländern bei etwa der Hälfte der anderen Mitgliedstaaten – bis heute ist das BIP-Niveau der genannten Länder im Vergleich zu den anderen Staaten der Gemeinschaft um bestenfalls 10 Prozentpunkte gestiegen. Im Mittel der acht Staaten, für die eine schnelle Aufnahme in die Union erwartet werden kann, liegt das BIP-Niveau je Einwohner bei nur ca. 20 % desjenigen der heutigen EU. Die Wirtschaftskraft der EU steigt vor diesem Hintergrund durch die Ost-Erweiterung nur um 4 %! Angesichts der auch bis auf weiteres geringen Wirtschaftskraft der Beitrittsstaaten wird damit den wirtschaftlichen Folgen von (auch Energie- und Umwelt-) Politik bzw. der Effizienz der ergriffenen Maßnahmen eine erheblich wachsende Bedeutung zukommen.

(422) Die Angleichung der Wirtschaftskraft in den Beitrittsstaaten an das Niveau der EU erfordert in diesen Ländern starke Wachstumsprozesse, die kurz- und mittelfristig auch über Maßnahmen der Gemeinschaft flankiert und unterstützt werden. Aktuelle Projektionen gehen für die Staaten Mittel- und Osteuropas in den nächsten zwei Dekaden von einem Wachstum des Bruttoinlandsprodukts von durchschnittlich 4 % aus.[50] Die wirtschaftliche Kohäsion einer erweiterten EU wird sich als zentrale Herausforderung an die Gemeinschaft erweisen, die natürlich auch eine starke energiewirtschaftliche Dimension hat. Insbesondere im Bereich des Verkehrs kann die wirtschaftliche Integration zu einer erheblichen Ausweitung der Transportleistungen führen.

---

[49] Es waren dies 1973 Dänemark, Irland und das Vereinigte Königreich, 1981 Griechenland, 1986 Spanien und Portugal sowie 1995 Österreich, Finnland und Schweden.

[50] Die EIA (2001) beschreibt für die MOE-Staaten eine Bandbreite zwischen 3,0 % (niedriges Wachstum) und 7,5 % (hohes Wachstum), die OECD unterstellt für die Transformationsstaaten ohne Russland ein jährliches Wachstum von ca. 3,2 %.

(423) In einer Reihe der zukünftigen EU-Mitgliedstaaten spielt die *Landwirtschaft* eine deutlich größere Rolle als in vergleichbaren EU-Staaten. Die Reform der (gemeinschaftlichen) Agrarpolitik mit Blick auf die neuen Mitgliedstaaten, aber auch in Bezug auf einen Abbau der internationalen Handelshemmnisse im Agrarbereich wird mittelfristig die Agenda der Europäischen Union in erheblichem Maße bestimmen. So können aus agrarpolitischen Gründen auch Impulse für die Energiepolitik entstehen (vor allem im Bereich nachwachsender Rohstoffe).

(424) Die zukünftigen Mitgliedstaaten der EU stehen in Bezug auf ihre *Energiemärkte* vor einer dreifachen Herausforderung, mit der in dieser Weise keines der heutigen EU-Mitglieder konfrontiert war. Sie müssen

– erstens innerhalb relativ kurzer Zeit die Energiepreise und die Energiemärkte liberalisieren und parallel dazu

– zweitens in hohem Tempo die Sanierung und Erneuerung ihrer Anlagen vornehmen;

– gleichzeitig liegen drittens Wirtschafts- und Kaufkraft bis auf weiteres deutlich unter dem Niveau der heutigen EU.

(425) Die Restrukturierung des Energiesektors ist in den verschiedenen Staaten in unterschiedlichem Maße weit gediehen, klar ist jedoch, dass die derzeitigen Bestrebungen, die Energiemarktliberalisierung in der EU zu beschleunigen, für die Beitrittsstaaten eine zusätzliche Herausforderung darstellen. Zugleich hat die Europäische Union klargemacht, dass Übergangsfristen bei der Erfüllung von ökologischen Standards und Energiemarktöffnung schon zur Vermeidung von zusätzlichen Verzerrungen im gemeinsamen Energiemarkt nicht in Frage kommen können. Unter dem Druck von ökologischer und sicherheitstechnischer Sanierung und Liberalisierung wird sich der Anpassungsdruck für die Energiewirtschaft in den Beitrittsstaaten – gerade angesichts eines hohen Modernisierungsbedarfs und erheblicher Rationalisierungsnotwendigkeiten – massiv erhöhen.

(426) Im Transformationsprozess in den Beitrittsstaaten wird mit der Restrukturierung des Energiesektors im Regelfall auch die *Privatisierung* der Energieversorgungsunternehmen verbunden. Die Motive für die Privatisierung sind unterschiedlich, liegen oft vor allem in der Einnahmeerzielung[51] sowie in der Notwendigkeit und der Erwartung erheblicher Kapitalzuflüsse von internationalen Investoren. In den bisher erfolgten Privatisierungsverfahren waren darüber hinaus insbesondere die bisher schon stärksten Unternehmen der EU erfolgreich, so dass die Privatisierungen in den EU-Beitrittsstaaten bereits zur weiteren Unternehmenskonzentration bzw. zur deutlichen Erhöhung der Marktmacht einzelner Energieversorger in der europäischen Energiewirtschaft beigetragen haben. Hieraus ergeben sich sowohl wettbewerbsrechtliche als auch liberalisierungsseitige Herausforderungen (z. B. Unbundling, Regulierung).

[51] Ein Beispiel hierfür ist die Tschechische Republik, wo die Privatisierung des Verbundunternehmens CEZ im Januar 2002 ausgesetzt wurde, nachdem die Gebote nicht die von der Regierung erwartete Größenordnung erreichten.

(427) In vielen der Beitrittsstaaten liegt die *Energieeffizienz* deutlich unter dem Niveau der EU-15. Der Primärenergieverbrauch je Einwohner in der EU-15 ist zwar meist (deutlich) höher als in den Beitrittsstaaten, die Energieproduktivität (ausgedrückt als Primärenergieverbrauch je Einheit BIP auf Basis von Kaufkraftparitäten) ist jedoch in den meisten Beitrittsstaaten um etwa den Faktor 2 schlechter als im Mittel der EU-15. Die Erhöhung der Energieeffizienz in den Beitrittsstaaten entwickelt sich damit zu einem zentralen Handlungsfeld, insbesondere wenn der Überwindung der Transformationskrise – und insbesondere im Rahmen einer EU-Mitgliedschaft –ein erhebliches Wirtschaftswachstum folgt. Der Grad der makroökonomischen Stabilisierung in den Beitrittsstaaten wird dabei insbesondere eine große Rolle für die Schaffung stabiler Rahmenbedingungen für Investitionen spielen, auch und besonders im Bereich der Energieeffizienz. Wirtschaftliche Stabilität und ein hohes Maß an Rechtssicherheit sind zentrale Voraussetzungen für entsprechende Investitionen. Angesichts der begrenzten Kaufkraft und der liberalisierungsbedingt vor allem im Bereich der Haushalte und Kleinverbraucher zunächst steigenden Energiepreise erhält die Erhöhung der Energieeffizienz auch eine starke soziale Komponente.

(428) Die Situation bei den *Schadstoffemissionen* entspricht dem Ausgangszustand bei der Energieproduktivität. Für die Leitschadstoffe Kohlendioxid und Schwefeldioxid ergibt sich für die meisten Staaten ein deutlich höherer spezifischer Ausstoß als für die EU-15. Weniger stark ausgeprägt sind – vor allem wegen des geringeren Motorisierungsgrades – die Differenzen zwischen der EU-15 und den Beitrittsstaaten im Bereich der Stickoxidemissionen. Mit der Übernahme des „Acquis Communautaire“ im Umweltbereich müssen die klassischen Luftschadstoffemissionen erheblich zurückgeführt werden.[52] Dies wird erhebliche Anstrengungen und Aufwendungen erfordern, teilweise sind die Luftreinhaltungsmaßnahmen jedoch schon relativ weit gediehen.

(429) Die *Energieträgerstruktur* einer erweiterten EU wird sich insgesamt durch die Erweiterung nicht wesentlich verändern. Gleichwohl sind in einigen der zukünftigen Mitgliedstaaten erhebliche Verschiebungen hin zu Mineralöl und Erdgas zu erwarten. Für einige Länder mit sehr spezifischer energiewirtschaftlicher Struktur ergeben sich zusätzliche Herausforderungen.

(430) Mit Polen wird der heute größte *Produzent von Steinkohle* in Europa Mitglied der EU. Obwohl seit Ende der achtziger Jahre die Steinkohleproduktion um fast die Hälfte verringert wurde, lag die aktuelle polnische Steinkohleproduktion im Jahr 2000 mit ca. 100 Mio. t noch um mehr als den Faktor 2 über der deutschen Steinkohleproduktion und 18 % über der *gesamten* Steinkohleproduktion in der EU. Auf Grund der ungünstigen geologischen Bedingungen wird die polnische Steinkohleförderung als ebensowenig wettbewerbsfähig eingestuft wie die westeuropäische Förderung. Aktuelle Projektionen gehen für das

[52] Zum Stand der Umsetzung vgl. Instrumentenstudie.

Jahr 2010 von einem Rückgang auf 83 Mio. t und bis 2020 auf 68 Mio. t aus.[53] Aber selbst diese relativ langsame Rückführung der Förderung würde einerseits umfangreiche – und von der EU zu genehmigende – Subventionen für die heute bereits mit ca. 4,3 Mrd. US-$ verschuldete Kohleindustrie erfordern und andererseits zu nicht unerheblichen politischen Konflikten im nationalen Rahmen führen, vor allem aufgrund der großen beschäftigungspolitischen Bedeutung: Die Zahl der Arbeitnehmer im polnischen Steinkohlenbergbau belief sich im Jahr 1990 noch auf 370 000 Beschäftigte, im Jahr 2000 waren dort noch etwa 155 000 Menschen beschäftigt. Mit der kurzfristig zu erwartenden Aufnahme Polens in die EU wird damit die Diskussion um Steinkohlesubventionen auch eine neue europapolitische Brisanz erhalten. Eine von der Dynamik ähnliche Situation ergibt sich – wenn auch in geringerem Umfang – für die Steinkohleförderung in der *Tschechischen Republik.* Dort sank die Förderung im Zeitraum 1990 bis 1999 von etwa 22 Mio. t auf 15 Mio. t und liegt damit etwa auf dem Niveau der spanischen Kohleförderung. Die Beschäftigung ging von 68 000 Menschen auf 28 300 Menschen zurück. Auch wenn die (sozial-)politische Brisanz des Kohlesektors in der Tschechischen Republik nicht die gleiche Dimension wie in Polen hat, steht die Kohlepolitik der EU mit dem Beitritt dieser beiden Länder vor einer erheblichen Herausforderung.

(431) Unter den potenziellen EU-Mitgliedstaaten befinden sich einige Länder mit Braunkohleförderung: Ungarn mit 14 Mio. t sowie Rumänien, Bulgarien und das frühere Jugoslawien mit 18 bis 26 Mio. t, aber auch einige Länder mit einer deutlich größeren Förderung von 40 bzw. 60 Mio. t Braunkohle (Tschechien bzw. Polen). Dieser Trend würde mit einer etwaigen Aufnahme der Türkei (aktuelle Jahresförderung von über 70 Mio. t bei steigender Tendenz) in die EU nochmals verstärkt. Da gegenwärtig in der EU nur Deutschland (168 Mio. t), Griechenland (63 Mio. t) und – mit Abstrichen – Spanien (9 Mio. t) über eine nennenswerte Braunkohleförderung verfügen, würde sich die *Rolle der Braunkohlenutzung* in einer erweiterten EU sowohl kurz- als auch mittel- und langfristig verändern.

(432) Für die meisten Beitrittsstaaten wird in den nächsten Jahren ein erhebliches Wachstum beim Verbrauch von Öl und Erdgas erwartet. Dies stellt einerseits erhebliche Anforderungen an die Einbeziehung dieser Staaten in das Bevorratungsregime der IEA. Andererseits sind die Erdgasmärkte in den meisten Bewerberstaaten um eine EU-Mitgliedschaft noch stark auf Erdgasbezüge aus Russland ausgerichtet. Eine Diversifizierung der Erdgasbezüge für die Staaten Mittel- und Osteuropas wird damit mittelfristig ein wichtiges energiepolitisches Element bilden. Darüber hinaus haben aber einige Gasversorgungsunternehmen in den Beitrittsstaaten langfristig erhebliche Erdgasmengen kontrahiert, die auf dem liberalisierten Erdgasmarkt der EU eine bedeutende Rolle spielen können.

(433) Mit der Erweiterung der EU wird die Gemeinschaft mit *erheblichen Kernkraftwerkskapazitäten* (meist sowjetischer Bauart) mit spezifischen Sicherheitsproblemen konfrontiert, wenn auch die Kernenergie im Energiemix der meisten Beitrittsstaaten eine geringere Rolle spielt als in der heutigen EU. Gerade weil auf EU-Ebene keine allgemein verbindlichen Sicherheitsstandards gelten, kann als Maßstab für die Forderung nach „hohen Sicherheitsstandards im Nuklearbereich" nur ein „Vergleich mit den in allen Mitgliedstaaten geltenden Praktiken und Regelungen" herangezogen werden.[54] Die erweiterte EU wird danach mit einer ganzen Reihe von Reaktoren konfrontiert, die den „in der EU gemeinhin geltenden Anforderungen und Praktiken" nach übereinstimmender Auffassung nicht genügen und (schwere) Auslegungsmängel aufweisen. Mit einigen Staaten wurde deshalb im Zuge des EU-Beitritts die Schließung von Reaktoren vereinbart,[55] wobei die Umsetzung dieser Vereinbarung teilweise noch nicht gesichert ist. Andere Reaktoren bedürfen dringender Nachrüstungen; ob und inwieweit – auch vor dem Hintergrund der aufgetretenen Konstruktionsschwächen und Qualitätsmängel bei der Anlagenerrichtung – mit Nachrüstmaßnahmen „akzeptable Sicherheitsniveaus" erreicht werden können, ist umstritten.[56] Ein mittelfristiges Spezifikum für den Nuklearsektor in den Staaten Mittel- und Osteuropas sowie der früheren Sowjetunion bilden schließlich die meist schwachen Kapazitäten der entsprechenden Aufsichtsbehörden (Ausbildung, Ausstattung, Bezahlung etc.) sowie Probleme der Sicherheitskultur in Staaten mit transformationsbedingt tiefgreifenden gesellschaftlichen Verwerfungen.

(434) Die *Fernwärme* hält in den meisten der mittel- und osteuropäischen bzw. den baltischen Beitrittsstaaten einen hohen Anteil an der gesamten Endenergieversorgung (bis zu 25 %) und liegt damit deutlich sowohl über dem Mittelwert der EU-15 (ca. 2 %), aber auch über den Werten in EU-Staaten mit hohem Fernwärmeanteil (Dänemark 15 %, Finnland ca. 11 % – zum Vergleich: Deutschland ca. 4 %). Die Sanierung und Erneuerung der Fernwärmesysteme und Fernwärmeerzeugungsanlagen (Kraft-Wärme-Kopplung) bilden in den osteuropäischen EU-Bewerberstaaten nicht nur ein energiewirtschaftliches Handlungsfeld, sondern haben auch weitreichende soziale Aspekte.

(435) Im Rahmen der ersten Verpflichtungsperiode können Emissionsreduktionen in den zukünftigen Mitgliedstaaten der EU nicht auf die Verpflichtungen der EU angerechnet werden, da die gemeinschaftliche Erfüllung der EU-Verpflichtung nach dem Kioto-Protokoll sich nur auf

53 Vergleiche hierzu RWE Rheinbraun (2000).

54 Europäische Union (2001q).

55 Für die *Slowakei* betrifft dies die ersten beiden Reaktoren im KKW Bohunice in den Jahren 2006 und 2008. Das im Oktober 1999 bestätigte Energieprogramm *Litauens* sieht eine Schließung des ersten Blockes im KKW Ignalina noch vor dem Jahr 2005 vor, über die Schließung des zweiten Reaktors soll im Jahr 2004 entschieden werden, die Stillegung kann jedoch vor dem Hintergrund der Sanierungszyklen für die Druckröhren des Reaktors für 2009 erwartet werden. *Bulgarien* ist die Verpflichtung eingegangen, die Blöcke 1 und 2 im KKW Kosluduj vor 2003 zu schließen, über die Schließung der Blöcke 3 und 4 soll 2002 entschieden werden, die Europäische Kommission erwartet hier eine Schließung bis spätestens 2006.

56 Vgl. GRS (1998), Europäische Union (2001q), WENRA (1999).

den derzeitigen Mitgliedsstand beziehen darf. Im Rahmen der EU-Erweiterung wird vor diesem Hintergrund der Nutzung der flexiblen Kioto-Instrumente Emissionshandel und vor allem Joint Implementation eine wichtige Rolle in der Zusammenarbeit zwischen den heutigen und den zukünftigen Mitgliedstaaten zukommen.

3.3.4 Trends der Energieträger- und Energietechnologiemärkte in der Europäischen Union

(436) Die Schaffung eines europäischen Binnenmarktes für Energie ist eines der erklärten Ziele der Europäischen Union. Faktisch sind jedoch trotz der Marktöffnung bei den leitungsgebundenen Energieträgern die Versorgungsmärkte im Wesentlichen die nationalen Märkte geblieben. Selbst auf den nationalen Märkten haben zwar die Energiepreise teilweise eine erhebliche Dynamik entfaltet, der Versorgerwechsel ist jedoch in den meisten Mitgliedstaaten eher die Ausnahme geblieben – dies gilt sowohl für die Großkunden als auch die anderen Verbrauchergruppen (Tabelle 3-4).

(437) Die grenzüberschreitenden Elektrizitätslieferungen haben sich seit der Strommarktöffnung in den letzten Jahren nicht in ihrer Größenordnung verändert. Dies liegt einerseits an den teilweise beschränkten Übertragungskapazitäten, andererseits an den europaweit noch recht vielfältigen Netzzugangsmodellen, ist aber letztlich auch dem Fehlen eines permanenten und ausreichenden Kostengefälles bei der Stromerzeugung geschuldet. Ein solches Kostengefälle zeichnet sich mittelfristig nur mit Blick auf die Nachfolgestaaten der Sowjetunion ab. Entsprechende Stromlieferungen sind aber abhängig vom Ausbau der

Tabelle 3-4

Erklärte Marktöffnung und geschätzter tatsächlicher Versorgerwechsel, 2000

	Elektrizität				Gas	
	Erklärte Marktöffnung	Tatsächlicher Versorgerwechsel			Erklärte Marktöffnung	Tatsächlicher Versorgerwechsel
		Großkunden	andere Kunden	als Anteil der erklärten Marktöffnung		als Anteil der erklärten Marktöffnung
Österreich	100 %	5–10 %	0 %	< 5 %	49 %	< 5 %
Belgien	35 %	5–10 %	0 %	5–10 %	59 %	< 5 %
Dänemark	90 %	k. A.	0 %	k. A.	30 %	0 %
Finnland	100 %	30 %	10–20 %	20–30 %	– 90 %	k. A.
Frankreich	30 %	5–10 %	0 %	5–10 %	20 %	10–20 %
Deutschland	100 %	10–20 %	< 5 %	5–10 %	100 %	< 5 %
Griechenland	30 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Irland	30 %	30 %	0 %	30 %	75 %	> 30 %
Italien	45 %	10–20 %	0 %	5-10 %	96 %	10–20 %
Luxemburg	40 %	entfällt	0 %	0 %	51 %	0 %
Niederlande	33 %	10–20 %	0 %	10-20 %	45 %	>30 %
Portugal	30 %	< 5 %	0 %	< 5 %	0 %	0 %
Spanien	45 %	< 5 %	0 %	< 5 %	72 %	5–10 %
Schweden	100 %	100 %	10–20 %	30–40 %	47 %	< 5 %
Vereinigtes Königreich	100 %	80 %	30 %	40–50 %	100 %	50 %

k. A. = keine Angabe

Quelle: Europäische Kommission

Netzinfrastruktur sowie von den entsprechenden politischen Rahmenbedingungen. Hierbei kann die ökologische Reziprozität einen wichtigen Entscheidungsaspekt bilden.[57]

(438) Im Gegensatz zu den leitungsgebundenen Endkundenmärkten haben sich die Energieversorgungsunternehmen relativ schnell europäisiert. In den letzten Jahren haben eine Vielzahl von Unternehmenstransaktionen innerhalb der Mitgliedstaaten und zwischen den Mitgliedstaaten stattgefunden. An diesen Transaktionen waren Unternehmen aller Größenklassen beteiligt. Eine besonders aktive Rolle spielten und spielen dabei die großen europäischen Energieversorger (EdF, E.ON, RWE, Vattenfall etc.), die sich teilweise auch auf den Querverbund der verschiedenen Energieträger sowie der Wasserversorgung („Multi Utility“ bzw. „Interfuel“) hin orientiert haben. Im Bereich der leitungsgebundenen Energieversorgung ist das Engagement außereuropäischer Versorger (TXU, Mirant etc.) bisher die Ausnahme oder Episode geblieben. So sind auf einigen Märkten bereits erhebliche Konzentrationstendenzen erkennbar (Öko-Institut 2002). Ein Ausbau der marktbeherrschenden Stellung einiger großer europäischer Versorger kann sich auch im Kontext der Privatisierungsverfahren in Mittel- und Osteuropa sowie der baltischen Staaten ergeben (s. o.).

(439) Die Märkte für Energietechnologien und energienahe Dienstleistungen sind bereits weitgehend europäisiert, wenn nicht globalisiert. Der Ausbau des europäischen Binnenmarktes auch für derartige Güter und Dienstleistungen war und ist weiterhin Gegenstand europäischer Vereinheitlichungsbemühungen, z. B. auch im Bereich der Energieeffizienztechnologien.

3.4 Zusammenfassende Schlussfolgerungen

(440) Die globale energiewirtschaftliche Entwicklung in den nächsten Dekaden hängt wesentlich von den demographischen und ökonomischen Basistrends ab. Das Wachstum der Weltbevölkerung von heute ca. 6 auf 9 bis 11 Mrd. Menschen im Jahr 2050 geht einher mit sehr unterschiedlichen Trends in den verschiedenen Weltregionen. Einem massiven Wachstum in vielen Entwicklungsländern stehen Bevölkerungsstagnation bzw. -rückgang in Europa und Japan sowie ein moderates Wachstum in Nordamerika gegenüber. Hinsichtlich der wirtschaftlichen Entwicklung werden in den diskutierten Szenarien vielfältige Pfade dargestellt. Gemeinsam ist diesen jedoch in der Regel, dass der Abstand im Lebensstandard zwischen den Industrie- und Entwicklungsländern allenfalls teilweise und für die verschiedenen Weltregionen in unterschiedlichem Maße verringert wird. Gelingt kein Abbau der Ungleichverteilung von Reichtum und Lebenschancen oder vertieft sich diese sogar, entstehen und verschärfen sich Konfliktpotenziale. Für eine globale Nachhaltigkeitspolitik haben daher Fragen der Entwicklung, der gerechteren Verteilung und der Armutsbekämpfung – gerade auch hinsichtlich der möglichen positiven oder negativen Beiträge durch den Energiesektor – eine herausgehobene Priorität.

(441) Mit dem Ende des Kalten Krieges ist die bipolare Machtverteilung in der Welt durch multipolare Strukturen abgelöst worden. Neben den damit entstandenen neuen Entwicklungsmöglichkeiten sind aber auch neue Konflikte entstanden. Der Charakter und die Austragung von Konflikten haben sich bereits deutlich verändert. In einer globalisierten Welt sind die Möglichkeiten zur Abschottung gegen die Übertragung und die Folgewirkungen von anderswo entstandenen oder ausgetragenen Konflikten zunehmend begrenzt. Eine erfolgversprechende globale Nachhaltigkeitsstrategie erfordert daher einen multilateralen Ansatz und die aktive Einbindung neuer Akteure gerade auch in den Entwicklungs- und Schwellenländern. Unilateralistische Ansätze sind in Bezug auf eine nachhaltige Entwicklung wenig perspektivreich. Gleichzeitig wird davon ausgegangen werden müssen, dass gewaltsame Konfliktaustragungen zwischen und innerhalb von Staaten möglich bleiben und in einer globalisierten Welt – wie die Ereignisse des 11. September 2001 gezeigt haben – auch neue Formen annehmen können.

(442) Eine wichtige Rolle wird in jedem Fall den heutigen und zukünftigen Energielieferländern und -regionen zukommen. Die starke Verflechtung der Welt über die globalen Energiemärkte führt dazu, dass politische Instabilitäten in den Energielieferländern und -regionen erhebliche wirtschaftliche und politische Folgen im globalen Maßstab zeitigen können. Dabei stehen vor allem die Folgen von Preisturbulenzen auf den zunehmend integrierten Weltenergiemärkten und weniger die physische Verknappung von Energierohstoffen im Vordergrund. Die Förderung einer partnerschaftlichen Zusammenarbeit für die Erhaltung der wirtschaftlichen und politischen Stabilität sowie für eine nachhaltige Entwicklung in den Lieferregionen wie auch die Flankierung bei der Bewältigung der wirtschaftlichen und politischen Folgen (z. B. für OPEC-Länder) bei einem weltweiten Übergang auf effizientere und erneuerbare Energiesysteme begründen eine neue außenpolitische Dimension von Energiepolitik.

(443) Die Globalisierung ist nicht nur der faktische Hintergrund aktueller Entwicklungen; sie ist zugleich sowohl Voraussetzung als auch Gefährdung und damit politische Herausforderung für eine nachhaltige Entwicklung, insbesondere im Lichte globaler Umwelt- und Entwicklungsprobleme. Zusätzlich zur (wachsenden) Bedeutung regionaler Handlungsansätze ergibt sich jedoch vor allem vor dem Hintergrund globaler Umwelt- und Ressourcenprobleme die weltweite Herausforderung, der Globalisierung eine nachhaltige Richtung zu geben. Zu einer integrierenden Globalisierung gibt es keine Alternative. Dazu ist – auch und besonders in den Bereichen der Energie- und Klimaschutzpolitik – der Ausbau von Strukturen ei-

[57] Zwei Mitgliedstaaten der EU (Österreich und Luxemburg) haben in ihre Strommarktregulierungen die Möglichkeit des Einfuhrverbots explizit aus Gründen der ökologischen Reziprozität aufgenommen. Österreich hat diese Maßnahme auch bereits umgesetzt – vgl. Verordnung der Elektrizitäts-Control GmbH betreffend Stromlieferungsverträge bei Strombezug aus Drittstaaten (Stromlieferungsvertrag-Übergangsverordnung), 1. Oktober 2001, http://www.ove.at.

ner „Global Governance“ notwendig. Zu den zentralen Aspekten gehören dabei die entsprechende Ausgestaltung der WTO, die Entwicklungsfinanzierung sowie der Ausbau entsprechender Regelungen und Institutionen im Bereich des Umweltschutzes, im energiewirtschaftlichen Kontext vor allem im Bereich des Klimaschutzes. So gilt es, den Kioto-Prozess fortzusetzen und verbindliche internationale Übereinkommen über Reduktionspfade zu treffen, die zum Schutz des globalen Klimas weit über die bisherigen Vereinbarungen für 2008/2012 hinausgehen müssen.

(444) Infolge der überaus unterschiedlichen Annahmen über sozio-ökonomische Basistrends, Rahmenbedingungen und Restriktionen ist – insbesondere in der langfristigen Perspektive – eine große Vielfalt von Entwicklungen des globalen Energiesystems darstellbar. Unter Zugrundelegung robuster Indikatoren für eine nachhaltige Entwicklung schränkt sich die Zahl der akzeptablen Entwicklungspfade jedoch erheblich ein. Die Schließung der wirtschaftlichen Entwicklungslücke zwischen Industrie-, Schwellen- und Entwicklungsländern, die Stabilisierung der Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre auf einem für Umwelt und menschliche Gesellschaften noch tolerierbaren Niveau sowie der Ressourcenschutz und der Verzicht auf Hochrisikotechnologien wie die Kernenergie sind die konkreten Leitplanken für die anzustrebenden Entwicklungspfade im globalen Maßstab. Die entsprechenden Projektionen zeigen, dass eine Entwicklung innerhalb dieser Leitplanken möglich ist, dass aber ein tiefgreifender Umbau der weltweiten Energiesysteme notwendig ist und entsprechende Politiken schnell angegangen bzw. verstärkt werden müssen.

(445) Fossile Energien werden auch im Rahmen nachhaltiger Energiestrategien in den nächsten Dekaden noch eine wichtige, wenn auch stark abnehmende Rolle im globalen Energiesystem spielen, wobei sich die Nutzungsstruktur hin zu weniger kohlenstoffintensiven Energieträgern verschiebt. Vor dem Hintergrund von Umweltrestriktionen oder Ressourcenerschöpfung ergibt sich zwangsläufig die Notwendigkeit massiver technologischer Veränderungen.

(446) Gemeinsam ist den als nachhaltig charakterisierbaren Projektionen eine starke Erhöhung der globalen Energieproduktivität um das 2,3- bis 3,1fache im Verlauf der nächsten 50 Jahre. Ohne eine derartige, technisch-wirtschaftlich mögliche Erhöhung der Energieeffizienz – so das gleichlautende Ergebnis der Projektionen – ist eine Stabilisierung der Treibhausgaskonzentrationen auf einem akzeptablen Niveau im Verlauf dieses Jahrhunderts nicht zu erreichen.

(447) Für die Nutzung erneuerbarer Energiequellen beinhalten die als nachhaltig charakterisierbaren Projektionen eine weltweite Ausweitung der nachhaltigen Nutzung erneuerbarer Energien um den Faktor 7 bis 8 für die nächsten 50 Jahre.[58]

(448) Die Frage der Kernenergienutzung bedarf für eine nachhaltige und richtungssichere Entwicklung explizit einer gesellschaftlichen Richtungsentscheidung. Aus der Sicht der Kommissionsmehrheit kann dies wegen der unvertretbaren Risiken und wegen ihrer inhärent *nicht* nachhaltigen Charakteristik (z. B. hinsichtlich des ungelösten Problems der Endlagerung) nur der weltweite Verzicht auf die Kernenergienutzung sein. Aber selbst wenn eine wieder zunehmende Akzeptanz für die weltweite Nutzung der Kernenergie unterstellt wird, bleibt sie in den meisten Szenarien nur ein Element mit deutlich begrenztem Wirkungsbeitrag.

(449) Auf globaler Ebene erhalten die Entwicklungen in den Schwellen- und Entwicklungsländern in den nächsten Dekaden eine zunehmende Bedeutung. Neben der unveränderten Notwendigkeit, in den OECD-Staaten weit über das business as usual hinausgehende Anstrengungen zu unternehmen, entsteht in den Schwellen- und Entwicklungsländern ein *zusätzlicher* Handlungsbedarf.

(450) Die Bedeutung der Europäischen Union als energie- und umweltpolitischem Handlungsrahmen hat in den letzten Jahren erheblich zugenommen. Einer starken Integration über die Binnenmarkt- und Wettbewerbspolitik stehen umfangreiche, aber noch ungenügend genutzte Kompetenzen in der gemeinschaftlichen Umweltpolitik und letztlich ungeklärte Kompetenzen im Bereich der Energiepolitik gegenüber. Die Europäische Union hat vor diesem Hintergrund mit einer großen Vielfalt von Instrumenten zahlreiche energiepolitisch bedeutsame Entwicklungen maßgeblich befördert, aber auch für erhebliche Unsicherheiten für eine ganze Reihe nachhaltigkeitsrelevanter Politikansätze in den Mitgliedstaaten gesorgt (spezifische Förderinstrumente, Ausgestaltung von Ökosteuersystemen etc.) und bleibt auch mit historisch bedingten Sonderregelungen für einzelne Teilbereiche der Energiewirtschaft (vor allem im Bereich des Euratom-Vertrages) widersprüchlich. Die Entwicklung einer konsistenten und kohärenten Nachhaltigkeitsstrategie sowie eine Klärung und Konsistenzerhöhung der Kompetenzverteilung für energiepolitisch relevante Handlungsfelder gehört zu den wichtigen Aufgaben der erweiterungsbedingt bevorstehenden EU-Reformen.

(451) Die bevorstehende Erweiterung der EU und auch die damit einhergehende Notwendigkeit, die Beziehungen zu den neuen Nachbarstaaten der Union (vor allem Russland und der Ukraine) zu intensivieren, bilden zweifellos gerade auf dem Feld einer nachhaltigeren Energiepolitik eine zentrale Herausforderung. Vor allem muss die Handlungsfähigkeit im energiepolitischen Bereich erhalten und konsistenter gestaltet werden. Mit der Erweiterung der EU um Staaten mit geringer Wirtschaftskraft und vergleichsweise ineffizienten Energiesystemen wird die wirtschaftliche Effizienz energiepolitischer Maßnahmen von besonderer Bedeutung sein. Gleichzeitig erhalten energiepolitische Handlungsfelder im Bereich der Kohlewirtschaft und im Kernenergiesektor eine neue Brisanz. Gerade vor diesem Hintergrund kann eine forcierte Politik zur Erhöhung der Energieeffizienz bei Energieanwendung und -erzeugung erheblich zur Ausweitung der Handlungsspielräume beitragen.

[58] Bis zur Hälfte der heutigen Nutzung erneuerbarer Energieträger ist im weltweiten Maßstab als nicht nachhaltig anzusehen, dies betrifft vor allem die nicht-kommerzielle Biomassenutzung in den Entwicklungsländern.

(452) Die fortschreitende Europäisierung von Energie- und Umweltpolitik geht einher mit und wird letztlich auch erzwungen durch den Prozess einer zunehmenden Europäisierung der Energiemärkte und der Energieunternehmen.

Sondervotum zu Kapitel 3

Minderheitsvotum des Kommissionsmitglieds der Fraktion der PDS einschließlich des von ihr benannten Sachverständigen Prof. Dr. Jürgen Rochlitz

Die PDS-Fraktion hat in ihrem Sondervotum zum Kapitel 2 dieses Berichts bereits die dominanten Problemlagen aufgeführt, mit denen sich eine Energiepolitik der Nachhaltigkeit konfrontiert sieht. Die dort genannten Problembereiche sind gewichtigere Einflußfaktoren als die demographische Entwicklung, die von der Mehrheit aus Regierungskoalition und CDU-FDP-Opposition in ihrem Kapitel 3 als "wesentlich" bezeichnet wird.[59]

Leider wurden von dieser Mehrheit alle anderen Einflussfaktoren außer der demographischen und der ökonomischen Entwicklung entweder gänzlich außer acht gelassen oder lediglich am Rande erwähnt.

Was die demographische Entwicklung anbelangt, die ja vor allem das Bevölkerungswachstum in den Entwicklungs- und Schwellenländern meint – weniger das Altern der Industriegesellschaften, so muss darauf verwiesen werden, dass die Energieverbräuche Pro-Kopf in den demographisch schnell wachsenden Gesellschaften weit hinter denjenigen in den industriell geprägten, demographisch eher stagnierenden Gesellschaften rangieren. Dies relativiert die Bedeutung der demographischen Entwicklung in Bezug auf Ziele nachhaltiger Entwicklung und lässt andere Erscheinungen und Einflussfaktoren wirkmächtiger werden.

Verschuldung der öffentlichen Haushalte

Die steigende Verschuldung der öffentlichen Haushalte und der steigende, aber ungleich verteilte Reichtum in privater Hand, sind das Ergebnis einer verfehlten Finanzpolitik der letzten Jahre, die durch Privatisierungen und Steuersenkungen auf Kapitaleinkommen geprägt war. Nach der herrschenden neoliberalen Theorie sollten durch die Steuersenkungen die finanziellen Eigenmittel der Unternehmen erhöht werden, um Investitionen und neue Arbeitsplätze zu ermöglichen. Doch warum sollten die Kapitalgesellschaften die zusätzlichen finanziellen Mittel für eine Aufstockung der Produktionskapazitäten nutzen und damit Arbeitsplätze schaffen, wenn das bestehende Warenangebot aufgrund stagnierender bzw. sinkender Massenkaufkraft noch nicht einmal abgesetzt werden konnte? Schließlich haben die Unternehmen in einer solchen Marktsituation die Möglichkeit, die zusätzlichen finanziellen Mittel für eine Reduzierung ihrer Fremdverschuldung, eigene Geldanlagen, Rationalisierungsinvestitionen oder Unternehmensbeteiligungen zu verwenden. Für eine dieser weiteren Möglichkeiten haben sich die Kapitalgesellschaften entschieden, denn zu einem spürbaren Stellenaufbau ist es bei ihnen nicht gekommen, im Gegenteil, die meisten Konzerne bauten Arbeitsplätze ab.

Für die öffentlichen Haushalte bedeutet der ständige Abbau der Beschäftigung in Kombination mit immer niedrigeren Steuersätzen einen deutlichen Rückgang der Einnahmen, damit ein Anwachsen der Haushaltsdefizite. Die neoliberale Politik reagiert darauf einerseits mit Ausgabenkürzungen vornehmlich bei der Bildung, dem Sozialetat und der Kultur, und andererseits mit dem Verkauf öffentlicher Unternehmen. Doch die Privatisierungen bringen nur eine kurzfristige Entlastung, und die Ausgabenkürzungen reduzieren zusätzlich die Binnennachfrage und damit wiederum die zukünftigen Steuereinnahmen. Ein sich selbst generierender Prozess des Abstiegs entsteht.

Eine nachhaltige Finanzpolitik im Sinne einer langfristig stabilen Verschuldungsquote ist so nicht zu erreichen. Außerdem driftet die Gesellschaft durch diese Politik immer weiter auseinander, denn die Kürzung der öffentlichen Leistungen beeinträchtigt insbesondere die Lebensqualität derjenigen, die auf Grund ihres geringen Einkommens auf ein funktionsfähiges Angebot an staatlichen Leistungen angewiesen sind. Dem Staat entgleitet durch die Erosion der Steuereinnahmen immer mehr die Fähigkeit, seine gesamtgesellschaftliche Verantwortung in der Bildung, im ökologischen, sozialen und kulturellem Bereich wahrnehmen zu können.

Die Folge derartiger Politik ist nicht nur in Deutschland z. B. ein Sozialwesen, das mit der Bewältigung der dauerhaften Massenarbeitslosigkeit völlig überfordert ist, ein Gesundheitswesen, das krank und morbid ist durch die Übergewichte der Pharmaindustrie, der Lobby der Medizin-Großgeräte und Kliniken, ein Bildungswesen, das weder seinen eigentlichen Aufgaben gerecht werden kann, noch – was die Universitäten anbelangt – in die Lage versetzt wird, sich unabhängig vom Tropf der Wirtschaft zu entwickeln.

Weltweite Massenarbeitslosigkeit

Das International Labour Office (ILO) hält die globale Beschäftigungssituation für problematisch. Die ILO schätzt, dass die Unterbeschäftigung am Ende des Jahres 2000 weltweit auf 160 Millionen gestiegen ist. Das sind noch einmal 20 Millionen mehr als zum Höhepunkt der Asienkrise 1998. Niedrig qualifizierte, niedrig bezahlte, unsichere und ungesunde Arbeitsplätze haben sich weiter verbreitet.[60]

Die neoliberalen Politikvertreter sind der Meinung, dass die Ursache der Massenarbeitslosigkeit auf sogenannte

---

[59] Sondervotum der PDS zu Kapitel 4.3 des ersten Berichts der Kommission.

[60] ILO (2001), Life at work in the information economy. Genua: World Employment Report. OECD (1999), Statistical Compendium: Economic Outlook. Paris.

Strukturprobleme des Arbeitsmarktes zurückzuführen ist. Sie fordern deshalb u. a.: einen höheren Abstand zwischen Lohnersatz- und Sozialleistungen zu den unteren Tarifgruppen, Kürzung der Bezugsdauer von Arbeitslosengeld, Schaffung eines Niedriglohnsektors, Aushebelung des Flächentarifvertrags und des Kündigungsschutzes.

Wir zitieren dazu die „Dresdener Erklärung 2002“ des „Runden Tischs der Erwerbslosenorganisationen und Sozialhilfeinitiativen“:[61]

„In Deutschland orientiert sich die Politik jetzt auch – wie zuerst in Großbritannien und USA – ganz an der Linie der Unternehmerforderungen. „Die deutsche Sozialhilfe verhindert die Schaffung neuer Jobs“ lautet seit langem ein Kernspruch der Arbeitgeberverbände. Sie führen einen Globalangriff auf Erwerbslose, Sozialhilfebezieher und abhängig Beschäftigte: Kürzung der Bezugsdauer von Arbeitslosengeld, Abschaffung der Arbeitslosenhilfe, Senkung des Regelsatzes der Sozialhilfe und Aushebelung des Bedarfsdeckungsprinzips, Schaffung eines Niedriglohnsektors, in dem die unteren Löhne und Gehälter entsprechend EU-Vorgaben um 30 % gesenkt werden, Aushebelung des Flächentarifs, Befristung der Beschäftigungsverhältnisse, Aushebelung des Kündigungsschutzes, Privatisierung der Alters- und Gesundheitsversorgung, Privatisierung der Arbeitsvermittlung. Alle diese Elemente bilden einen globalen Zusammenhang: dahinter steht ein einziges Ziel: eine hohe Kapitalrendite bei „amerikanischen Arbeitsbedingungen.“

Die immer wieder zu hörende Behauptung, mit Wirtschaftswachstum könnten in großem Umfang Arbeitsplätze geschaffen werden, ist längst widerlegt durch die Phasen höheren Wachstums, in denen regelmäßig kaum eine Veränderung zu beobachten ist. Konkrete Maßnahmen zur Schaffung von Arbeitsplätzen in großem Umfang werden nicht eingeleitet, obwohl dies z. B. auf der Basis der grundgesetzlich geforderten Sozialpflichtigkeit des Eigentums oder auf der Basis des Rechts auf Arbeit, das als Menschenrecht deklarierte wurde, möglich wäre.[62]

Stattdessen wird den Arbeitslosen selbst die Schuld an ihrem Schicksal in die Schuhe geschoben. Unterstützt von populistischen Stammtischparolen wie „Druck auf Drückeberger“ usw., wird eine nicht nur unsoziale sondern asoziale Politik betrieben, die sich mit Kürzungen von Arbeitslosen- und Sozialhilfe schmückt – während der Öffentlichkeit weis gemacht wird, dass die „Arbeitslosen“ sich nur bemühen müßten, dann bekämen sie ihre Arbeitsplätze. Zusätzlich wird die Öffentlichkeit in Deutschland mit dem „Skandal“ von geschönten Arbeitslosen-Vermittlungsstatistiken traktiert, um vom viel größeren Skandal andauernder millionenfacher Arbeitslosigkeit abzulenken.

Die Behauptung, dass die Massenarbeitslosigkeit auf eine zu geringe Motivation zur Arbeitsaufnahme zurückzuführen ist, wird allein schon dadurch widerlegt, daß eine ausreichende Anzahl von Arbeitsplätzen (Arbeitsnachfrage) nicht annähernd vorhanden ist. Die Schaffung neuer Arbeitsplätze in der Privatwirtschaft ist stattdessen von den zukünftigen Absatzerwartungen der Unternehmen abhängig; diese werden jedoch durch die geforderte und betriebene Flexibilisierung des Arbeitsmarktes nicht verbessert. Das Ergebnis der neoliberalen Politik ist deshalb eine weiterhin hohe Arbeitslosigkeit und eine zunehmende Anzahl von Menschen, die trotz Arbeit im einfachen Dienstleistungssektor in Armut leben. Dies ist insbesondere in den angelsächsischen Ländern der Fall, welche diese neoliberale Politik am deutlichsten betrieben haben. Eine Reduzierung der Arbeitskosten kann höchstens die vorhandene Arbeitsnachfrage durch einen steigenden Exportüberschuss international umverteilen, aber damit keine Lösung für die weltweite Massenarbeitslosigkeit darstellen.

Während immer weniger Arbeit nötig ist, um die nachgefragten Waren herzustellen, bleibt anderswo die Arbeit ungetan und damit viele Bedürfnisse unbefriedigt. Dies betrifft Aufgaben im ökologischen, sozialen oder kulturellen Bereich, die seit Jahren brach liegen oder unbezahlt verrichtet werden, weil es an Geld fehlt. Um dies zu finanzieren, wäre ein Umdenken in der bisherigen Haushaltspolitik notwendig: eine Erhöhung der öffentlichen Einnahmen durch eine stärkere Besteuerung höherer Einkommen und Vermögen. Die skandinavischen Länder haben gezeigt, dass ein solcher Weg im Prinzip auch in einer globalisierten Welt möglich ist. Sie erhöhten erfolgreich die Beschäftigung im öffentlichen Dienstleistungssektor, um damit universelle (d. h. nicht vom Einkommen abhängige) soziale Leistungen zur Verfügung zu stellen. Dänemark hat z. B. nach einer OECD Studie von 1999 mit 23 % eine mehr als doppelt so hohe Beschäftigungsquote im öffentlichen Sektor als die Bundesrepublik Deutschland mit 9 %. Dies hat sich auf die Arbeitslosenquote ausgewirkt, die in Dänemark im Februar 2002 nur halb so groß war wie in Deutschland.[63] Die nötigen Haushaltsmittel sind in Dänemark nicht durch höhere Schulden bereitgestellt worden, sondern durch Steuereinnahmen, und deshalb ist eine solche Politik mit einer nachhaltigen Finanzpolitik vereinbar. Der Anteil der Einkommens- und Körperschaftssteuer am Bruttoinlandprodukt beträgt nach Angaben der o. g. OECD Studie in Dänemark 31,4 % gegenüber nur 10,5 % in Deutschland.

Eine Steigerung der Beschäftigung durch ein stärkeres öffentliches Engagement erhöht die Binnennachfrage und könnte durch seinen zweckgebundenen Einsatz im ökologischen und sozialen Bereich mit einer nachhaltigen Entwicklung in Einklang gebracht werden. Reicht eine solche Politik nicht aus um die Massenarbeitslosigkeit zu beseitigen, dann muss die zur Verfügung stehende bezahlte Arbeit gerechter innerhalb der Gesellschaft durch Arbeitszeitverkürzungen verteilt werden.

[61] Runder Tisch der Erwerbslosenorganisationen und Sozialhilfeinitiativen, Dresdener Erklärung, 2002.

[62] Siehe Kapitel 2 dieses Berichts, Sondervotum der PDS-Fraktion.

[63] Eurostat (2001), Arbeitslosenquote in der Eurozone unverändert bei 8,4 %. Luxemburg: Pressemitteilung Nr. 40. Scharpf, Fritz W. (2001), Auswirkungen unterschiedlicher Finanzierungsstrukturen von Sozialstaaten auf die Beschäftigung im europäischen Vergleich. Gutachten für die Enquete Kommission Globalisierung. Köln: Max-Planck-Institut für Gesellschaftsforschung.

Nur mit einer solchen, die Menschen- und Grundrechte beachtenden Politik wird der Ausbreitung der Armut in vielen Industrieländern und der Spaltung der Gesellschaften in Arm und Reich entgegen gearbeitet werden können.

Weltweit verfehlte Verkehrspolitik

Weltweit verfehlt ist auch die Verkehrspolitik. Mit ganz wenigen Ausnahmen ist es nirgendwo gelungen, sie in die richtigen Bahnen im wahrsten Sinne des Wortes zu leiten. Den maßlosen Mobilitätszwängen und -bedürfnissen werden weltweit keine Grenzen gesetzt. Der motorisierte Individualverkehr wird dagegen mit allen politischen und ökonomischen Mitteln begünstigt. Seine Folgen Verlärmung, Verschmutzung, Zerstörung von Landschaft und Natur sowie andauernder Flächenfraß, tausende Tote und Verletzte sowie die sektoral stärksten Effekte bei Treibhausgasemissionen und der daraus folgende Klimawandel werden von der Allgemeinheit und zukünftigen Generationen getragen. Die sogenannten „externen Kosten“ dieser Folgen betragen allein in der EU einige hundert Mrd. Euro jährlich; sie werden sozialisiert, während die Gewinne privatisiert werden. Der Automobilsektor und die mit ihm verbundenen Bereiche Öl, Ölverarbeitung, Fahrzeug- und Flugzeugbau sowie Rüstungsindustrie nehmen eine dominante Stellung in den führenden kapitalistischen Ländern ein.[64] Dies führt zur Dominanz einer am Ausbau des motorisierten Individualverkehrs orientierten Verkehrspolitik. Versuche, von diesen autozentrierten Gesellschaften wegzukommen, werden von interessierten Lobbies mit ihren Auto-Kanzlern und Öl/Benzin-Präsidenten torpediert.

So wachsen die Kfz-Zahlen und die Autobahn-Kilometer auf der einen Seite, und es schrumpfen die Schienennetze auf der anderen Seite. Zwischen 1990 und 1999 wuchsen allein die Autobahnen in den 15 Ländern der EU um 10 000 Kilometer auf eine Gesamtlänge von 49 200 Kilometern; gleichzeitig schrumpfte das Eisenbahnnetz der EU von 160 000 auf 153 600 Kilometer, in Deutschland mit einem Minus von 2 900 km am stärksten. In Großbritannien und anderen Ländern werden die privatisierten Staatsbahnen heruntergewirtschaftet. In Deutschland wird ihre Infrastruktur zerschlagen. So sank die Zahl der Lokomotiven von 8 060 im Jahr 1991 auf 5 774 im Jahr 2000 und von den 5 835 Bahnhöfen gab es im Jahr 1999 nur noch 5 441.

Diese Zerstörung gesellschaftlichen Reichtums erfolgt allein im Interesse mächtiger Konzerne, die so die Potenziale des öffentlichen Verkehrs, vor allem auf der Schiene, zerstören. Der Klimawandel ist ein wichtiger Grund, warum dieser Entwicklung gesellschaftlicher Widerstand entgegengesetzt werden muss, denn durch die Stärkung des Umweltverbundes (nichtmotorisierter und öffentlicher Verkehr, Bahn) lassen sich erheblich bedeutendere Treibhausgasreduktionen erreichen als mit jeder Effizienzsteigerung des Individualverkehrs.

Auch die weltweite Luftverkehrspolitik wird von den Interessen der Konzerne und des militärisch-industriellen Komplexes dominiert, die mit Subventionen und Steuererleichterungen staatlich unterstützt werden. Der maßlose Ausbau von Flughäfen und deren Neuanlage - meist auf Kosten der Tages- und Nachtruhe der Anwohner - und die angestrebten Steigerungsraten bei Personen- und Frachtkilometern sind klimapolitisch betrachtet nahezu kriminell.

Ein besonders absurdes Beispiel solcher Ausbauten lieferte die Stadt Hamburg. Dort wurde das in Deutschland einmalige und unter EU-Naturschutzrecht stehende Süßwasserwatt im sogenannten Mühlenberger Loch für die Erweiterung des Airbuswerks geopfert. Geopfert wurden jedoch auch rechtsstaatliche Prinzipien im Planfeststellungsverfahren, geopfert wird wahrscheinlich auch jegliche Rechtssicherheit. Um einem vom Bundesverwaltungsgericht zu erwarteten Baustopp gegen das Projekt vorzubeugen, soll die Hamburger Bürgerschaft beschließen, dass die Erweiterung des Flugzeugwerks dem Wohl der Allgemeinheit dient und damit im öffentlichen Interesse liegt. So kann ein demokratisch gewähltes Parlament zum Appendix eines Großkonzerns (European Aeronautic Defence and Space Company – Anteilseigner Daimler Chrysler) werden.

Zu den Absurditäten des Flugverkehrs gehört, dass im Gegensatz zu den übrigen Treibstoffen, der Flugtreibstoff nirgendwo auf der Welt besteuert wird. Erste Initiativen zur Kerosinbesteuerung in Deutschland und auf EU-Ebene sind bisher gescheitert. In einem Sondergutachten hat der Wissenschaftlichen Beirat Globale Umweltveränderungen (WBGU) diese Forderung wieder aufgenommen. Als „Entgelte für die Nutzung globaler Gemeinschaftsgüter“ – so der Titel seines Sondergutachtens[65] – sollen Abgaben auf den internationalen Flug- und Schiffverkehrs erhoben werden. Der Beirat weist darauf hin, dass der internationale Flugverkehr diejenige Quelle von Treibhausgasen ist, die am schnellsten wächst, paradoxerweise aber nicht unter die Reduktionsverpflichtungen des Kyoto-Klimaschutzprotokolls fällt. Die Versuche im Kyoto-Prozess, die Treibhausgase aus dem Flugverkehr den Verursachern zuzurechnen, sind immer wieder gescheitert.

Wahrscheinlich werden die Menschen auch dann nicht aufwachen, wenn ihre Himmelsregionen bei strahlendem Sonnenschein immer öfter, immer ausgedehnter und immer intensiver von Kondensstreifen der Jets durchzogen werden – mit der Folge, dass der Himmel immer dunstig-grauer wird. Dieser stete Himmelsdunst in den meist beflogenen Regionen der Erde läßt zwar – wie Treibhausgase – das Sonnenlicht durch, nicht jedoch die von der Erdoberfläche reflektierte Wärmestrahlung, und verstärkt damit den Treibhauseffekt durch den Flugverkehr.

Geopolitik = Militärpolitik

Seit dem 11. September und dem Krieg in Afghanistan ist Geopolitik schlagartig Militärpolitik geworden. Die USA

---

[64] Wolf, Winfried (2000): Fusionsfieber. Oder: Das große Fressen. Köln: PappyRossa Verlag

[65] Wissenschaftlicher Beirat Globale Umweltveränderungen, Sondergutachten 2002

konnten ihre ökonomisch schon führende Rolle – sie hatten in der längsten Boom-Periode seit dem zweiten Weltkrieg immerhin die stärksten ökonomischen Konkurrenten Japan und Deutschland deutlich auf die nächsten Plätze verwiesen – durch eine noch stärkere Führung auf militärischem Gebiet unterstreichen.[66] So konnten sich die USA 2001 Rüstungsausgaben in Höhe von 309 Mrd. Dollar erlauben, soviel wie die zwölf danach bei den Rüstungsausgaben rangierenden Staaten zusammengenommen, darunter die übrigen G-7-Staaten mit China bis Iran.[67]

Mit ihren neuen – in den letzten Kriegen hinzugewonnenen – Stützpunkten von Kosovo über die arabische Halbinsel bis nach Mittelasien und den Philippinen, sowie ihren militärischen Aufklärungs- und Transportaktivitäten verfügen die USA über das nötige Potential, die wichtigsten fossilen Energieressourcen zu kontrollieren. Schon vor dem Afghanistan-Krieg waren texanische Ölkonzerne höchst interessiert an einer Pipeline von Mittelasien durch Afghanistan zum Indischen Ozean, die sie mit Hilfe des Taliban-Regimes realisieren wollten. Damit sollte der Zugriff auf die kaukasisch-kaspisch-mittelasiatischen Ölfelder unabhängig von Rußland und Iran gesichert werden – und damit „vitale Interessen der USA“, wie der ehemalige Verteidigungsminister Caspar Weinberger sie bezeichnet hat. Zu den „vitalen Interessen“ gehören aber nicht nur die Energie-Rohstoffe Mittelasiens, dazu gehören auch die Kontrolle Chinas an seinen Westgrenzen und Russlands an seiner Südostflanke.

Alle zugänglichen Informationen lassen darauf schließen, dass die USA ihre hegemoniale Stellung und ihre „vitalen“ Interessen mit militärischen Mitteln und mit Unterstützung anderer Führungsmächte absichern werden. Dabei wird sogar der Beginn eines Atomkriegs nicht mehr ausgeschlossen.

Der als Krieg gegen den Terrorismus legitimierte Krieg in Afghanistan muss im Zusammenhang mit dem Ausstieg der USA aus vielen internationalen Prozessen analysiert werden. Der american way of life soll, ohne Rücksicht auf die Verelendung vieler Menschen und die globale Ausbeutung und Zerstörung der Umwelt, gesichert werden. Auf diesem ihrem Weg zur globalen ökonomischen, militärischen und letztlich auch kulturellen Hegemonie stellt die Politik der USA und ihrer Verbündeten, zusammen mit der Geschäftspolitik der von ganz ähnlichen Interessen geleiteten großen multinationalen Konzernen aus diesen Ländern, die größte Gefährdung für jeden Ansatz einer nachhaltigen Entwicklung dar, für jeden Versuch globalen Klimaschutzes und Ressourcenschutzes zu Gunsten nachfolgender Generationen.

Rund 150 US-Wissenschaftler haben in ihrem Appell an die „Freunde in Europa“ die Politik der amtierenden US-Administration kritisiert.[68] Aus ihrem Brief seien folgende Zeilen zitiert:

„...Dieser „Krieg gegen den Terrorismus“ kennt keine klare Grenzen, weder räumlich, noch zeitlich, noch, was das Ausmaß an Zerstörung betrifft. ...Die absehbare materielle Zerstörung geht ins Unermeßliche. Dasselbe gilt für die menschlichen Verluste, nicht nur an Leben, sondern auch im Hinblick auf die Verzweiflung und den Hass von Millionen die hilflos zusehen müssen, wie ihre Welt von den Vereinigten Staaten verwüstet wird, einem Land, das seine moralische Autorität für ebenso absolut und unanfechtbar hält wie seine militärische Macht. ...

...Viele informierte Menschen innerhalb wie außerhalb der europäischen Regierungen sind sich des gefährlichen Irrsinns der von der Bush-Administration eingeschlagenen Kriegspolitik bewußt. Aber nur wenige haben den Mut, dies auch ehrlich auszusprechen. Sie lassen sich von den möglichen Vergeltungsmaßnahmen gegen „Freunde“ und „Verbündete“ einschüchtern, die ihre bedingungslose Unterstützung aufkündigen. Außerdem haben sie Angst davor, als „antiamerikanisch“ zu gelten – Letzteres eine Bezeichnung, mit der absurderweise auch US-Amerikaner gebrandmarkt werden, die die Kriegspolitik kritisieren und deren Protest durch die chauvinistische Hetze unterdrückt wird, die einen Großteil der US-Medien beherrscht.“

Hierzu muss man wissen, dass derzeit mehr als zweitausend Menschen in den USA– ohne richterliche Entscheidungen – allein aus Verdachtsgründen, terroristisch tätig zu sein oder es sein zu wollen, inhaftiert worden sind. Ihr Schicksal blieb bisher ungeklärt. Die „New York Times“ sieht in der Ausweitung der Macht des Weißen Hauses in Kriegszeiten die größte Gefahr für die Verfassung. Der „endlose Krieg“ mache es möglich, dass Bush seine Popularität politisch mißbrauche und dass die Geheimhaltungspolitik der Regierung die Grundrechte aushöhle. Die Zeitung zitierte dazu den berüchtigten Satz von Justizminister Ashcroft: „Wer friedliebenden Menschen Angst einjagt mit dem Schreckgespenst angeblich verlorener bürgerlicher Freiheiten, der hilft nur den Terroristen.“

Auch die Haftbedingungen der Kriegsgefangenen auf dem Stützpunkt Guantanamo, tausende Kilometer von ihren Heimatländern entfernt, widerspricht allen internationalen Standards und Übereinkommen (Genfer Konvention), widerspricht jeglichen Menschenrechten.

Die amerikanische Präsidentschaft hat den Vertrag zum Verbot der Herstellung von Anti-Personenminen und des Handels mit ihnen abgelehnt, das Kyoto-Protokoll nicht unterzeichnet, den Kontrollvertrag über Flugkörper mit atomaren Sprengköpfen (ABM) widerrufen; sie verweigert sich bei der Kontrolle biologischer Waffen, bei der Kontrolle von ziemlich kriminellen offshore-Märkten; sie beteiligt sich nicht am Projekt des internationalen Strafgerichtshofs. Statt abzurüsten, wird hochgerüstet.

Diese Abkehr von Demokratie, von der Anerkennung des Völkerrechts und damit von internationaler Berechenbarkeit und die Hinwendung zu Chauvinismus und dröhnendem Patriotismus ist beängstigend und trägt Züge eines beginnenden neuen Faschismus. Es ist Zeit, diese kriegerische und völkerrechtswidrige Politik zu beenden, ihre Vertreter müssen an die Kette universaler Werte gelegt werden. Rechtsfreie Räume und globaler Egoismus bei

---

[66] Winfried Wolf (2002): Afghanistan, der Krieg und die neue Weltordnung.

[67] Intern. Inst. for Strategic Studies, GREENPEACE MAGAZIN 3/02

[68] Frankfurter Rundschau vom 11. April 2002.

den Starken sind Sicherheitsrisiken, die sich eine hochtechnisierte Welt nicht leisten kann. Die zivile und zivilisierte Welt muss alles daran setzen, dass die „paranoide Stimmung, die Primitivierung des Denkens“,[69] die zu den gegenwärtigen Kriegen geführt hat, beendet wird. Andernfalls wird sich die Spirale von terroristischer und kriegerischer Gewalt weltweit weiterdrehen.

Man muss auch berücksichtigen, dass die derzeit auf Hochtouren laufende globale Konkurrenz-Ökonomie mit ihren Siegern und Verlierern die materiellen und geistigen Grundlagen liefert für die Fortsetzung des ökonomischen Kampfes mit Hilfe kriegerischer Auseinandersetzungen. Ganz uninteressiert daran sind auch die EU und Japan nicht, die mit ihren ökonomischen Vorstellungen meist im selben Boot mit der USA sitzen (Politik der Triade aus USA, EU und Japan). Insofern verfällt einer Illusion, wer glaubt, dass die mit wirtschaftlicher, politischer und ökologischer Globalisierung einhergehenden Verflechtungen und Abhängigkeiten eine friedliche und stabile Entwicklung im globalen Maßstab – gar erheblich, wie die Mehrheit der Kommission meint – fördern könnten.

Jedenfalls läßt sich konstatieren: so unsicher war die Lage um die größten Lagerstätten fossiler Energieträger auf der arabischen Halbinsel und in der Golfregion noch nie. Der größte Faktor für diese Unsicherheit sind dabei die Vereinigten Staaten von Amerika. Und so weit entfernt von nachhaltiger Entwicklung war die Weltlage seit Rio 1992 noch nie.

Globale Geldvernichtung statt Entwicklungshilfe

Eine weitere Folge des „Kriegs gegen den Terrorismus“ und der Aufrüstung gegen „neue Bedrohungen“ oder gegen „die Achse des Bösen“ ist das endgültige Ausbleiben jeglicher Friedensdividende, die sich die Welt vom Ende der Blockkonfrontation erhofft hatte. Damit hat sich der militärisch-industrielle Komplex durchsetzen können: der ganze Wahnsinn von Auf- und Hochrüstung wiederholt sich wie zu Zeiten des zweiten Weltkriegs und des kalten Kriegs. Als wenn es keine anderen Aufgaben gäbe, die finanzträchtig sind, als wenn die Staaten noch eine zusätzliche unerschöpfliche Geldquelle besäßen, werden die Dollars und Euros in Waffen, Militär und Kriege gesteckt. Erst werden Länder mit Milliardenaufwand in Schutt und Asche gebombt, dann soll mit erneutem Milliardenaufwand eine „Zivilgesellschaft“ geschaffen werden. Dieser Wahnsinn der Menschen-Vernichtung, der Natur-, Kultur-, und Geldvernichtung nützt letztlich einigen global aktiven Konzernen, die sowohl vom Krieg wie vom Wiederaufbau profitieren.

Damit ist der „Krieg gegen den Terrorismus“ Bestandteil einer neuen Form der Globalisierung. Die mächtigen und reichen Staaten der Erde wollen auf Terrorismus und vor allem auf die wachsenden sozialen Probleme nicht mehr politisch, sondern mit permanenter Intervention reagieren. Die Europäische Union schickt sich an, eigene, von den USA unabhängige, Interventionskapazitäten aufzubauen. Und die Bundesrepublik Deutschland – mit ihrer gerade vollzogenen und durch den Mazedonien- und Afghanistan-Einsatz gleichsam gekrönten Wende von ehemals einer Tendenz zur Zivillogik hin zur Militärlogik – passt sich in diese neue sicherheitspolitische Welt hervorragend ein.[70]

In seinem Jahresbericht 2002 beklagt das World-watch Institut:[71] „Ein Fünftel der Erdbevölkerung lebt von einem Dollar oder weniger pro Tag, während die Reichen der Welt unter Überfluß und Fettleibigkeit leiden.“ Nach seiner Auffassung ist die Dringlichkeit dieser Probleme durch die Terroranschläge am 11. September noch gewachsen. Sie stellten eine weniger sichtbare Gefahr dar als der Terrorismus, die aber langfristig größer sei. In vielen Gesellschaften seien grundlegende menschliche Bedürfnisse wie Nahrung, Wasser, Gesundheitsbetreuung und Bildung nicht erfüllt – so müssen immer noch pro Tag 24 000 Menschen verhungern, beinahe eine Milliarde ist unterernährt. Zusammen mit mangelnder politischer Repräsentation sowie der Konzentration von wirtschaftlicher und politischer Macht in wenigen Händen habe dies „in vielen Nationen eine fundamentale Instabilität geschaffen. Diese „hallt rund um die Welt in Massenmigration, illegalen Drogenexporten und , zunehmend, in Terrorismus wider.“[72]

Mit Ausnahme der kleineren Industrieländer Europas leisten weltweit gerade die großen mit ihren aufgeblähten Militäretats noch nicht einmal die Hälfte der vor Jahren vereinbarten Entwicklungshilfe von 0,7 % des Bruttoinlandsproduktes. Deutschland bildet mit seinem Anteil von nur 0,27 % zusammen mit den USA (0,1 %) das Schlußlicht der internationalen Skala. Der Spiegel höhnte dazu, dass ausgerechnet die regierende Generation der deutschen „Internationalisten“ der früher viel beschworenen „Einen Welt“ nicht mehr als 5 Mrd. Dollar aus dem Haushalt der drittgrößten Wirtschaftsmacht zugute kommen lassen.[73] Selbst unter dem Druck der bevorstehenden Rio + 10 Konferenz gelang es nur mühsam, eine Zusage der EU für 2006 von durchschnittlich 0,39 % zu erreichen. Erwartet wurden schon auf der UNO-Weltkonferenz zur Entwicklungsfinanzierung im mexikanischen Monterrey (2002) von den betroffenen Ländern höhere und zeitnähere Steigerungsraten. Damit ist nichts zu bemerken von einer Trendwende in der Entwicklungshilfepolitik bei den wirtschaftsmächtigen Industriestaaten. Aber auch in den übrigen Verhandlungen konnten die Entwicklungsländer in Monterrey weder einen besseren Marktzugang erreichen noch einen Zugang zu den globalen Gemeingütern, die zunehmend der internationalen Privatisierungswelle zum Opfer fallen. Stattdessen wird seit den Anschlägen von New York viel über eine höhere Entwicklungshilfe geredet

[69] Horst-Eberhard Richter, HNA-Interview 14. April 2002, Hess. Nieders. Allgemeine.

[70] Johannes M. Becker, Zentrum für Konfliktforschung, Vortragsreihe „Intelligenter Frieden“ Philipps-Universität Marburg 2001/2002.

[71] Worldwatch Institut, „Zur Lage der Welt 2002“ Washington 2002.

[72] Frankfurter Rundschau vom 11. Januar 2002.

[73] Spiegel Nr. 12, 2002, S. 49: „Rückfall ins Unverbindliche“.

und Interesse geheuchelt – doch es bleibt bei Lippenbekenntnissen.

Im Gegensatz dazu können sich die Profiteure der öffentlichen Armut mehr leisten: Bill Gates, der Microsoft-Chef spendete kürzlich den in der Welt Not leidenden Kindern 24 Mrd. Dollar!

Untrennbar verbunden mit der mangelhaften Entwicklungshilfe ist die gigantische Verschuldung der Entwicklungs- und Schwellenländer. Ohne einen zügigen Schuldenerlaß durch Verzichtsleistungen der Industrieländer ist kaum mit einem Einstieg in eine nachhaltige Entwicklung in diesen Ländern zu rechnen.

Auch ist die Dominanz globaler Institutionen wie des IWF und Weltbank zu brechen, die mit Ihrer Politik schon häufig Entwicklungsländer oder dort noch vorhandene gesunde soziale Strukturen in den Ruin getrieben haben. So förderte die Weltbank in Indonesien, Pakistan und andere Ländern Verträge mit privaten Energieversorgern. Diese Verträge verpflichteten die öffentliche Hand, große Mengen Strom zu sehr hohen Preisen abzunehmen. Der private Sektor strich die Gewinne ein, der Staat trug die Risiken. Für diese Form von privatwirtschaftlichen Aktivitäten machten sich das US-Finanzministerium und die Weltbank stark(16).

Unfähigkeit, Ahnungslosigkeit, Hilflosigkeit

Politik wird heute besonders stark über die bildnerischen Medien wahrgenommen. Deswegen sind die Medien neben der Ökonomie die mächtigste politische Kraft im Land. Ihre Vielfalt – gesteuert durch private Interessen und damit wieder eng verflochten mit der Ökonomie – und ihr freier Markt haben zu dem zu beklagenden Niedergang geführt. Gerade im Fernsehen und Internet werden politische Probleme meist stark verkürzt. Statements von Sekunden- und Minutendauer müssen ausführliche Erklärungen ersetzen. Die Fähigkeit zu plakativen Äußerungen und zu ihrer schauspielerischen Untermalung wird so schon als ein Kennzeichen für gute Politik betrachtet. Nun zählt nicht der wirkliche politische Erfolg sondern der möglichst sensationelle Verkauf einer politischen Nachricht. Aus früher soliden Informationsangeboten sind mit ganz wenigen Ausnahmen „Infotainment“-Angebote geworden. Der Wettbewerb um die größte Blödelei ist in vollem Gange. Diese immer oberflächlicher werdende Medienlandschaft, gekoppelt mit dem Niedergang von Kultur und Bildung, führt zu immer weiterreichenden Defiziten an Wissen und an Fähigkeiten, mit Informationen umzugehen. Trotz gestiegener Zahlen von Hochschulabgängern und Schulausbildungen wird kein Wert gelegt auf den Sinn für das Ganze, die Fähigkeit zum Überblick. Eine breite Ahnungslosigkeit der meisten Regierten bezüglich des weltweiten sozialen, wirtschaftlichen und ökologischen Geschehens ist die Folge.

Dazu zeigen die Beispiele von oben die weitreichende Unfähigkeit bzw. den mangelnden Willen der politischen Klassen, bedeutende und grundsätzliche Probleme in angemessener Zeit zu lösen. Die Lösungsversuche werden von Absurditäten und Halbheiten durchzogen. Meist fehlt der Wille zu grundsätzlichen Änderungen und zur Abwehr der mächtigen Lobby-Interessen. Deren Einwirkungen vor allem aus dem Unternehmerlager sind so übermächtig geworden, dass weltweit kaum von einem sozial ausgewogenen, geschweige denn von einem ökologischen Regierungshandeln gesprochen werden kann.

In diesem Umfeld ist es nicht verwunderlich, wenn sich die herrschenden Politik- und Lebensstile immer weiter von den Grundlagen der Demokratie, der sozialen Gerechtigkeit, der menschlichen Kulturen und der Humanität entfernen. Eine Triebkraft für diese Entfernungsprozesse ist die Gier nach Geld und Macht, von der nicht wenige der politisch und ökonomisch Herrschenden erfaßt sind. Dies ist zwar historisch betrachtet nichts neues. Neu sind allerdings die Größenordnungen sowohl an Geldmengen wie an Machtfülle, um die es geht – und damit auch die durch sie auszulösenden Folgen.

Global Governance

Zur Unterbindung oder Abschwächung der geschilderten Fehlentwicklungen und zur Etablierung einer globalen Nachhaltigkeitspolitik im Sinne des Grundgesetzes der Nachhaltigkeit (Sondervotum zum Kapitel 2) sind neue und erneuerte Institutionen der UNO nötig. Insbesondere die im Grundgesetz der Nachhaltigkeit eingeforderten demokratischen und sozialen Elemente sind in den UNO-Institutionen zu implementieren. Sowohl die Stimmrechte als auch die demokratische Kontrolle von IWF, WTO und Weltbank sind neu zu organisieren bzw. überhaupt erst einzurichten. Diesen Organisationen insgesamt muss die Kritik von Nobelpreisträger Joseph Stiglitz gelten, der beim IWF die „ideologische Inbrunst“ kritisiert, mit der die „Überlegenheit des Marktes“ dort gepredigt würde und worauf seine Politik gebaut sei. Der IWF trüge damit zur Verschärfung der ökonomischen Probleme bei, wenn er Länder zur Liberalisierung von Märkten und zur Privatisierung von Unternehmen zwinge, die hierzu keine Voraussetzungen besäßen.[74]

Die UNO-Umweltorganisation UNEP ist als gleichberechtigte und gleichdotierte Organisation mit WTO und IWF aufzuwerten. Diese drei Institutionen sollten schließlich von einer neu zu gründenden WSO – World Sustainibility Organization – gesteuert werden.

Eine solche Reform der UNO und ihrer Institutionen basiert auf der Annahme ihrer grundsätzlichen Reformfähigkeit und der Reformwilligkeit der Mitgliedsländer. Die Reform muss sich auf Demokratie, Transparenz, Gleichheit und Recht gründen. Zur Sanktionierung von Rechtsverstößen sind Internationale Gerichtshöfe zu installieren. Das System dieser neuen Global Governance muss so gestaltet sein, dass keine Supermacht Dominanz ausüben kann oder durch Verweigerung internationale Prozesse blockieren kann. Die UNO ist so zu demokratisieren, dass die gegenwärtige Vorherrschaft der Siegermächte des zweiten Weltkriegs z. B. im Sicherheitsrat der UNO und der geringe Einfluss der Entwicklungsländer in

[74] Joseph Stiglitz „Die Schatten der Globalisierung“ 2002.

ihrer Vollversammlung beendet wird. Auch die sich immer mehr abzeichnende hegemoniale Bedeutung von Organisationen wie den G-7/8-Runden, aber auch der NATO, ist abzubauen.

Allerdings muss bei all diesen Bemühungen um Demokratisierung und Reform bedacht werden, dass es nicht nur um die Zähmung einer Diktatur der Ökonomie allein geht, sondern um die Ermöglichung eines neuen Weltprojekts auf der Basis der Nachhaltigkeit, verstanden im Sinne unseres Grundgesetzes der Nachhaltigkeit. Dieses befindet sich im diametralen Gegensatz zur jetzigen Weltordnung des „Empire“,[75] das nach Hardt und Negri „eine einzige supranationale Gestalt politischer Macht“ besitzt, geschaffen durch die Prozesse der Globalisierung.[76] Die Autoren charakterisieren den jetzigen Weltzustand folgendermaßen: „Firmen- und Konzernaktivitäten sind nicht länger dadurch gekennzeichnet, dass sie ein abstraktes Kommando errichten oder schlichten Raub und ungleichen Tausch organisieren. Sie strukturieren und artikulieren stattdessen unmittelbar Territorien und Bevölkerungen. Sie arbeiten daran, aus Nationalstaaten bloße Instrumente zu machen, die die Waren-, Geld- und Bevölkerungsströme überwachen, die sie selbst in Bewegung gesetzt haben. Transnationale Konzerne verteilen unmittelbar die Arbeitskraft auf verschiedenen Märkten, stellen zielgerichtet Ressourcen bereit und organisieren die Hierarchie diverser Sektoren der weltweiten Produktion. Der komplexe Apparat, der über Investitionen entscheidet und finanzielle bzw. monetäre Manöver lenkt, bestimmt die neue Geographie des Weltmarkts oder vielmehr die neue biopolitische Struktur der Welt.“[77]

Auch Noam Chomsky charakterisiert die Macht von WTO, NATO, Weltbank, IWF, G-7 in ähnlicher Weise: „Grundlegender ließe sich diese Macht als Geflecht von Megakonzernen beschreiben, die miteinander durch vielfache strategische Bündnisse verknüpft sind. Die von ihnen gesteuerte Weltwirtschaft ist de facto eine Art von privatwirtschaftlichem Merkantilismus, der in den meisten Bereichen zur Bildung von Oligopolen neigt und zum Zweck der Sozialisierung von Risiken und Kosten sowie der Unterdrückung widerständiger Elemente staatlichen Schutz beansprucht.“[78]

Europäische Union

In der Europäischen Union sind einige Entwicklungen angestoßen worden, die einer nachhaltigen Entwicklung diametral entgegenwirken. Beispielhaft seien die folgenden skizziert:

Die Bildung der Europäischen Union diente im Wesentlichen dazu, eine ökonomische Großmacht zu schaffen, die vor allem den multinationalen Konzernen ein weites Betätigungsfeld im europäischen Markt bieten sollte. Die daraus folgende „innereuropäische Globalisierung“ führte tatsächlich zu einer Stärkung der Konzerne auf Kosten der Beschäftigung. Die Gesamtzahl der Arbeitlosen wurde dadurch deutlich erhöht, kleine und mittlere Unternehmen wurden vom Markt verdrängt.

Andererseits würde eine demokratisch verfasste Europäische Union die Chance zur Nutzung politischer Handlungsspielräume bieten. Dabei liegt das Ziel darin, verloren gegangene Handlungsfähigkeit der Wirtschafts-, Sozial-, Umwelt- und auch Energiepolitik gegen neoliberale Globalisierungsstrategien zurückzugewinnen. Wir halten daher die Verlagerung der Kompetenz für Energiepolitik auf die europäische Ebene nur dann für sinnvoll, wenn sie mit einer Demokratisierung der europäischen Institutionen einhergeht.

Die lange Geschichte der europäischen landwirtschaftlichen Förderung führte zur Zerstörung der bäuerlichen Landwirtschaft in kleinen und mittleren Betrieben bei gleichzeitiger Vernichtung von Arbeitsplätzen. Die Praxis der Subventionierung vor allem großer Betriebe und ohne ausreichende ökologischen Kriterien ist Ursache für Auswüchse einer industriell und intensiv betriebenen Landwirtschaft – von BSE und quälerischer Tierhaltung bis zum dramatischen Artensterben in den mitteleuropäischen Agrarsteppen.

Auch die Liberalisierung der Energiemärkte war vor allem im Interesse der großen Energiekonzerne. Aus den politisch garantierten Gebietsmonopolen entstehen nun ökonomisch erzwungene. So entstehen oligopolistische Strukturen mit noch größerer Marktmacht. Und wiederum waren es vor allem die tausende wegfallender Arbeitsplätze, die den Energiekonzernen höhere Gewinne bereiteten. Die lauthals angekündigten niedrigeren Energiepreise haben lediglich den Großverbrauchern in Industrie und Gewerbe Einsparungen gebracht.

Auch die Position der EU in den Verhandlungen mit der WTO über das Allgemeine Abkommen über den Handel mit Dienstleistungen (GATS) wirft Probleme für den Energiebereich auf. Die EU-Kommission will die GATS-Verhandlungen nutzen – ganz im Sinne der Mitgliedsregierungen und der europäischen Unternehmerverbände – um von den WTO-Mitgliedern eine weitreichende Privatisierung der öffentlichen Dienste zu verlangen. Diese Forderungen beziehen sich auf den gesamten öffentlichen Sektor (Energiedienstleistungen, Transporte, Versicherungen, Bauwesen, Forschung und Entwicklung usw.). Jedem Mitgliedsland wird freigestellt, welche Branchen eingebracht werden. Die eingebrachte Branche soll dann den von der EU und auch von den USA angestrebten Deregulierungen ausgesetzt werden. Hintergrund sind die Interessen vor allem europäischer und US-amerikanischer Banken, Versicherer und Versorgungskonzerne, sich weltweit neue Märkte zu erschließen. ATTAC Deutschland hat darauf hingewiesen, dass in Folge der bisherigen Privatisierungen die Verbraucher weltweit mit massiven Qualitätseinbußen und Preissteigerungen zu kämpfen haben. Hinzugefügt werden muss, dass auch hier die betroffenen Belegschaften mit massivem Arbeitsplatzabbau konfrontiert worden sind.

---

[75] M. Hardt, A. Negri „Empire“, 2002.

[76] Ebenda S. 24.

[77] Ebenda S. 46.

[78] Noam Chomsky „War against people“, S. 131, 2001.

Es ist anzunehmen, dass die sogenannte Osterweiterung der EU die geschilderten Effekte und weitere ähnliche exportiert. Schließlich soll sich das westliche Zivilisations- und Wirtschaftsmodell nach Osten erweitern. Damit werden, was Arbeitslosigkeit, das Überleben von kleinen und mittleren Betrieben, von bäuerlichen Betrieben, und von noch vorhandenem Schienenverkehr anbelangt, ähnliche Effekte zu erwarten sein wie seinerzeit bei der Angliederung der ehemaligen DDR an die Bundesrepublik.

Aber auch im Zusammenhang mit der Osterweiterung der EU ist die Chance einer supranationalen Politik der Nachhaltigkeit zu betonen. Die Osterweiterung hat das Potenzial, die Nachkriegsspaltung Europas zu überwinden und der Marginalisierung ganzer Regionen entgegenzusteuern. Dies würde allerdings neue Politikmodelle zur Stützung regional orientierter Politik erfordern.

Globale Energie-Projektionen und Fazit

Die im Kapitel 3.2 des Endberichts referierten Energie-Szenarien bzw. ihre Beschreibung beziehen sich nur auf die Energieträger, ihre Strukturen und die resultierenden Emissionen an Treibhausgasen. Unberücksichtigt geblieben ist eine ganze Palette von Begleitumständen des Energieverbrauchs: Arbeitsplätze, Art und Auswirkungen der künftigen Mobilität, Entwicklung weiterer Nachhaltigkeitsindikatoren wie Flächen- und Natureingriff, Entwicklung von globalen Auseinandersetzungen um Ressourcen, usw.

Das von der Mehrheit vorgelegte Fazit aus diesen Projektionen muss daher folgendermaßen korrigiert und ergänzt werden:

1. Ohne eine Global Governance auf der Basis von Gleichheit der Länder, bezogen auf ihre Bevölkerung, werden die schon begonnenen kriegerischen Auseinandersetzungen um Ressourcen von Energieträgern und anderen Rohstoffen nicht beendet. Mit dieser Global Governance muss es ermöglicht werden, die sich abzeichnende monopolaren Beherrschung der Welt durch eine Supermacht zu durchbrechen. Allein zur Vermeidung der Versorgungsunsicherheiten durch Kriege sollte die Weltgemeinschaft sich gezwungen fühlen, auf die regionale und örtliche Versorgung mit erneuerbaren Energien zu setzen.
2. Ohne Einsparung von Energie in allen Verwendungssektoren durch technische Maßnahmen und durch Verhaltensänderungen, ohne eine breitgefächerte Steigerung der Energieeffizienz auf allen Ebenen der Bereitstellung und Nutzung und ohne auf breiter Front stattfindenden Einsatz erneuerbarer Energieträger wird es nicht gelingen, die Konzentration der Treibhausgase in der Atmosphäre auf einem Niveau zu stabilisieren, das keine weiteren, möglicherweise katastrophalen Folgen des Klimawandels nach sich zieht.
3. Ohne einen sofortigen weltweiten Verzicht auf Atomenergie ist ein nachhaltiger Entwicklungspfad nicht erreichbar, da mit ihrem weiteren Einsatz erhebliche Sicherheitsrisiken des Normalbetriebs insbesondere durch Freisetzung von Radioaktivität und durch die Lagerung und endgültige Deponierung der hoch- und mittelradioaktiven Abfallstoffe verbunden sind. Zudem ist mit dem Betrieb von Atomanlagen immer das Risiko der unkontrollierten Produktion von Atomwaffen gegeben.
4. Ohne den weltweiten Abbau der Arbeitslosigkeit, ohne den Abbau von Armut sowohl in den Industrie- als auch in den Entwicklungsländern kann von einer nachhaltigen Entwicklung keinesfalls gesprochen werden.
5. Ohne einen Schuldenerlass für die Entwicklungsländer, ohne ausreichende technische und finanzielle Hilfe für sie – auch zum Aufbau eines dem jeweiligen Land angepaßten Energieversorgungssystems– sind wesentliche Bedingungen von Nachhaltigkeit nicht erfüllt.
6. Die Einstellung des maßlosen Verbrauchs von Naturgütern und von Fläche, die Einstellung der Zerstörung von Biomen und Ökosystemen sowie des Raubbaus in ihnen muss sofort in Angriff genommen werden.
7. Schließlich bedarf die maßlose Mobilität im Flug- und Kfz-Verkehr einer deutlichen Korrektur in Richtung vermehrter Nutzung des öffentlichen Verkehrs, vor allem auf der Schiene, und des gesamten Umweltverbunds.
8. Die grundsätzliche Transformation des ökonomischen Systems weg von gnadenloser Konkurrenz in einem angeblichen freien Markt, die zur Spaltung der Gesellschaften in Gewinner und Verlierer, in Reich und Arm, in Privilegierte und Nichtprivilegierte führt, ist Grundlage einer nachhaltigen Entwicklung.

4 Potenziale und Szenarien für die Entwicklung in Deutschland[1]

4.1 Einleitung

(453) Wesentliche Voraussetzung, um Strategien für die nachhaltige Gestaltung der Energiewirtschaft der Zukunft entwickeln zu können, sind Vorstellungen darüber, wohin die Fortsetzung bisheriger und künftig zu erwartender Trends der demographischen, der sozialen, der technisch-ökonomischen und der politischen Einflussfaktoren bis zum Jahr 2050 führen mag. Ein solches Szenario, das im Auftrag der Kommission in einer Kooperation der Prognos AG, dem IER Stuttgart und dem Wuppertal Institut erarbeitet wurde, wird im Kapitel 4.2 präsentiert und diskutiert. Dieses Szenario dient als Referenz für drei, von ihrem Charakter her unterschiedlich definierten Zielszenarien, über deren Annahmen und Ergebnisse im Kapitel 5 berichtet wird.

(454) Insbesondere für die Abschätzung der künftigen Bandbreiten, Möglichkeiten, Gestaltungsoptionen und Entwicklungsperspektiven energiewirtschaftlicher Veränderungen ist die Kenntnis der nachfrage- und angebotsseitigen Potenziale zentral. Dabei geht es vor allem um die Analyse der hier existierenden und absehbaren Potenziale und Optionen der rationellen Energienutzung und Energiebereitstellung sowie um die Einsatzchancen insbesondere von erneuerbaren Energiequellen. Diesen Fragen nachzugehen, wird die Aufgabe des Abschnitts 4.3 sein. Dieser Abschnitt konzentriert sich in erster Linie auf die Einschätzung der technischen Potenziale, gibt aber gleichzeitig – soweit es schon in diesem Zusammenhang sinnvoll ist – Hinweise auf spezifische Hemmnisse bei der Ausschöpfung dieser Potenziale und auf Handlungsmöglichkeiten zu ihrer Überwindung.

(455) Die Einschätzung von technischen Potenzialen ist nur auf einer stark disaggregierten Ebene sinnvoll möglich. Dazu wurde analog zur sektoralen Struktur der Energiebilanzen unterschieden zwischen den Bereichen:

- Private Haushalte (Kapitel 4.3.1),
- Industrie (Kapitel 4.3.2),
- Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) (Kapitel 4.3.3),
- Verkehr (Kapitel 4.3.4),
- Energieumwandlung (Kapitel 4.3.5)

sowie sektorübergreifend

- Erneuerbare Energieträger im Strom- und Wärmemarkt (Kapitel 4.3.6),
- Steuerungs- und Regelungstechnik (Kapitel 4.3.7) und
- Kreislaufwirtschaft und bessere Material- und intensivere Produktnutzung (Kapitel 4.3.8).

(456) Ergänzt wird die Analyse der technischen Potenziale in den vorstehend genannten Bereichen um Überlegungen zu dem bisher noch wenig erforschten Feld der verhaltensbedingten Potenziale einer nachhaltigen Energienutzung (Kapitel 4.3.9).

(457) Einen Eindruck von der sektoralen Struktur des Energieverbrauchs in Deutschland gibt Tabelle 4-1. Danach war der Primärenergieverbrauch in Deutschland im Jahr 2000 um rund 5 % niedriger als 1990, wobei der größte Teil des Rückgangs schon Anfang der Neunzigerjahre eingetreten war. Seit 1991/1992 ist er im Großen und Ganzen unverändert geblieben.

(458) Es ist aber zu erkennen, dass sich der spezifische Primärenergieverbrauch – also das Verhältnis von Primärenergieverbrauch zu realem Bruttoinlandsprodukt – in nahezu allen Jahren verringert hat, dass also umgekehrt die Energieproduktivität gestiegen ist (Abbildung 4-1). Insgesamt war die Energieproduktivität im Jahr 2001 temperaturbereinigt um beinahe ein Viertel höher als 1990. Von 1990 bis 2001 war die jahresdurchschnittliche Steigerung der Energieproduktivität mit 2 % deutlich stärker als das mittlere jährliche Wirtschaftswachstum mit 1,6%. Allerdings schlägt sich darin die ungewöhnlich hohe Produktivitätszunahme im Jahr 1990 nieder, die nur mit den drastischen Veränderungen im Zuge des energie- und gesamtwirtschaftlichen Einschnitts in den neuen Bundesländern zu erklären ist. Lässt man 1990 außer Betracht, so haben sich von 1991 bis 2001 das gesamtwirtschaftliche Wachstum (1,5 %/a) und die Energieproduktivität (1,4 %/a) nahezu parallel entwickelt.

(459) Die sektorale Verbrauchsstruktur hat sich in den Neunzigerjahren deutlich verändert: Während der Energieverbrauch im Jahr 2000 insbesondere im Energiesektor sowie in der Industrie und im Bereich Gewerbe, Handel, Dienstleistungen wesentlich niedriger war als 1990, ist er vor allem im Verkehr, aber auch bei den privaten Haushalten zuletzt spürbar höher gewesen; zugelegt hat auch der nichtenergetische Verbrauch.

(460) Im Jahr 2000 entfielen auf den Verbrauch und die Verluste im Energiesektor fast 3 900 PJ oder reichlich 27 % des Primärenergieverbrauchs, weitere knapp 8 % auf den nichtenergetischen Verbrauch und rund 65 % auf den gesamten Endenergieverbrauch. Innerhalb der Endenergiesektoren ist der Verkehr mit einem Anteil von inzwischen fast 30 % am größten, gefolgt von den privaten Haushalten an zweiter und der Industrie an dritter Position; weit dahinter rangiert der Bereich Gewerbe, Handel, Dienstleistungen an vierter Stelle.

(461) Nach Anwendungszwecken strukturiert, ragte im Jahr 2000 die mechanische Energie mit einem Anteil von

[1] Minderheitsvotum der Kommissionsmitglieder von CDU/CSU und FDP: Fundamentale Kritik besteht hinsichtlich der Ergebnisse einzelner Unterkapitel, die für die Prosperität der Volkswirtschaften von großer Bedeutung sind wie z. B. der Verkehrsbereich, der Umwandlungssektor und die Potenzialeinschätzung der erneuerbaren Energien – vgl. hierzu Minderheitsvotum insbesondere Kapitel 4.

Tabelle 4-1

Entwicklung des Energieverbrauchs in Deutschland von 1990 bis 2000

	1990	1995	2000	1990/00	1990/95	1995/00
	Energieverbrauch in PJ			Veränderungen in %		
Primärenergieverbrauch	14 916	14 269	14 180	– 4,9	– 4,3	– 0,6
Verbrauch und Verluste im Energiesektor, statistische Differenz	4 513	3 950	3 886	– 13,9	– 12,5	– 1,6
Nichtenergetischer Verbrauch	958	963	1 096	14,4	0,5	13,8
Endenergieverbrauch	9 441	9 357	9 197	– 2,6	– 0,9	– 1,7
davon:						
Übr. Bergbau und verarb. Gewerbe	2 977	2 474	2 430	– 18,4	– 16,9	– 1,8
Verkehr	2 379	2 614	2 745	15,4	9,9	5,0
Haushalte u. Gewerbe, Handel, Dienstleistungen[1]	3 946	4 223	3 999	1,3	7,0	– 5,3
Haushalte	2 383	2 655	2 550	7,0	11,4	– 4,0
Gewerbe, Handel, Dienstleistungen[1]	1 702	1 614	1 472	– 13,5	– 5,2	– 8,8
	Anteil am Primärenergieverbrauch in %					
Verbrauch und Verluste im Energiesektor, statistische Differenz	30,3	27,7	27,4			
Nichtenergetischer Verbrauch	6,4	6,7	7,7			
Endenergieverbrauch	63,3	65,6	64,9			
	Anteil am Endenergieverbrauch in %					
Übr. Bergbau und verarb. Gewerbe	31,5	26,4	26,4			
Verkehr	25,2	27,9	29,8			
Haushalte u. Gewerbe, Handel, Dienstleistungen[1]	41,8	45,1	43,5			
Haushalte	25,2	28,4	27,7			
Gewerbe, Handel, Dienstleistungen[1]	18,0	17,2	16,0			

[1] Einschließlich militärische Dienststellen.

Quellen: AG Energiebilanzen, DIW

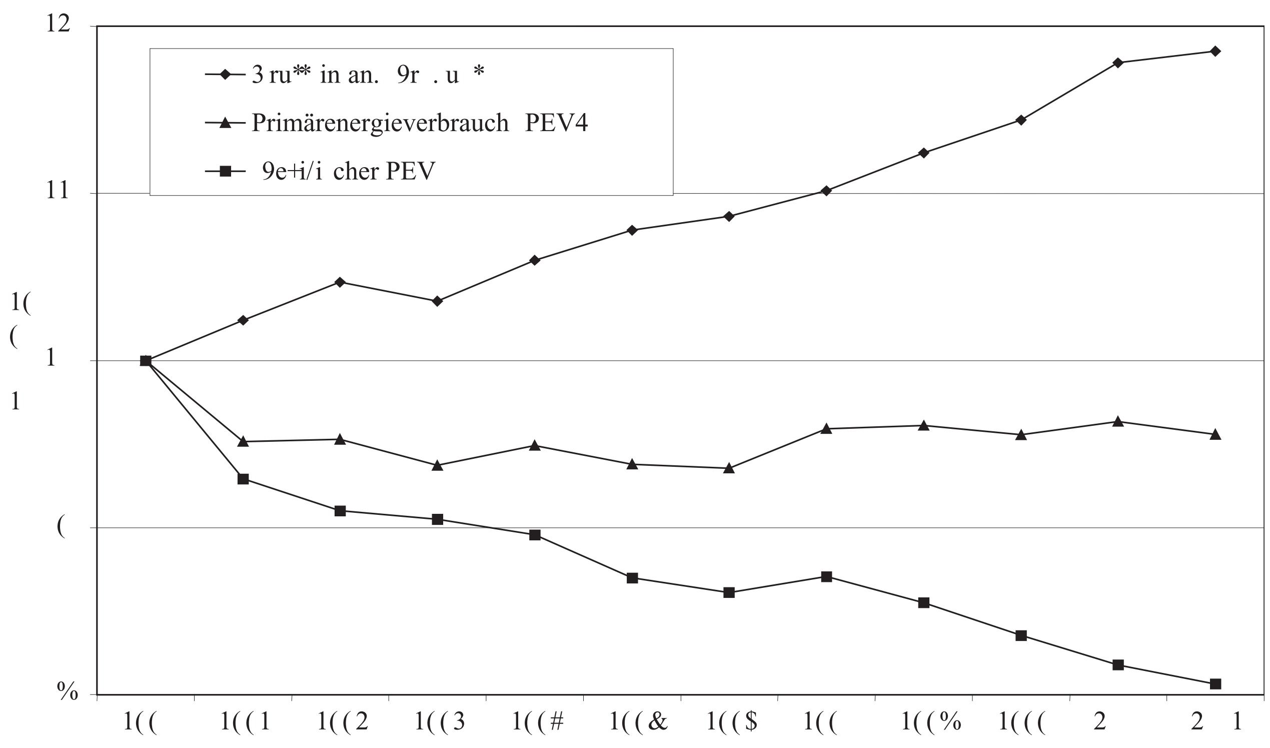
rund zwei Fünfteln hervor, verursacht im Wesentlichen durch den Verkehrssektor. Es folgt die Raumwärme mit einem Anteil von fast einem Drittel (begründet vor allem durch den hohen Raumwärmeanteil bei den privaten Haushalten sowie im Bereich Gewerbe, Handel, Dienstleistungen) und die sonstige Prozesswärme (weitgehend industriebedingt) mit reichlich einem Fünftel. Demgegenüber nimmt der Endenergieeinsatz für Warmwasserbereitung und Beleuchtung nur einen geringen Umfang ein (Abbildung 4-2).

(462) Die Sektoralstruktur des Energieverbrauchs spiegelt sich in etwa auch in derjenigen der CO_2-Emissionen: Der mit Abstand größte Emittent war der Energiesektor, gefolgt vom Verkehr, der Industrie, den Haushalten und dem Bereich Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (Tabelle 4-2).

(463) Wesentlich stärker als der gesamte Primärenergieverbrauch sind die energiebedingten CO_2-Emissionen gesunken: Im Jahr 2000 waren sie um rund 15 % niedriger als 1990, wobei die Emissionen besonders kräftig im Bereich Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, in der Industrie sowie in der Energieumwandlung und bei den Haushalten zurückgegangen sind; lediglich im Verkehrssektor waren sie erheblich höher. Erstmals nach 1994 ist es in diesem Sektor allerdings 2000 wieder zu einer Emissionsminderung gekommen. Auch für 2001 ist hier wiederum mit einem Rückgang zu rechnen.

Abbildung 4-1

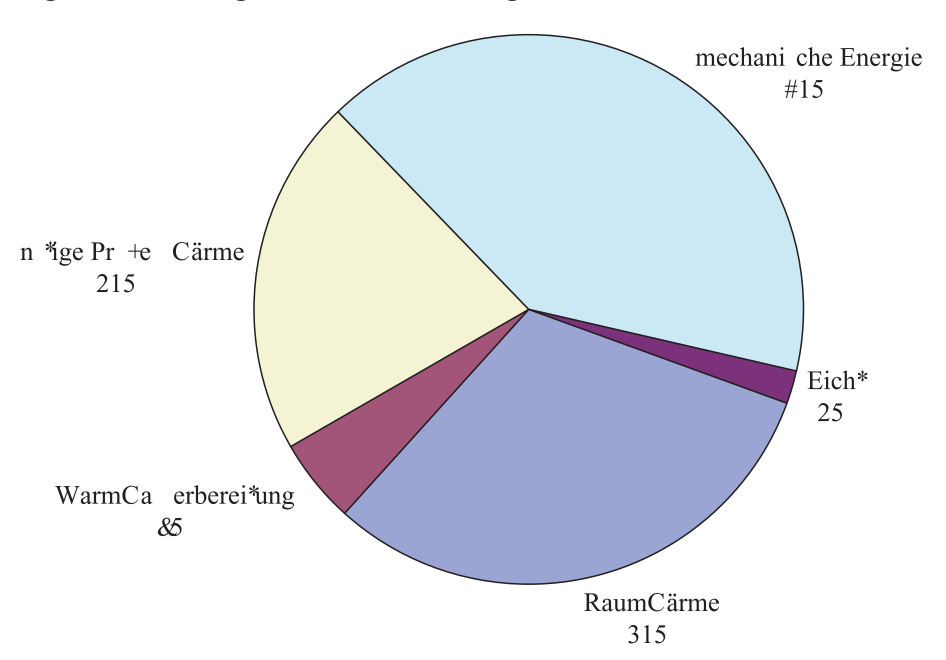
Bruttoinlandsprodukt sowie absoluter und spezifischer Primärenergieverbrauch in Deutschland von 1990 bis 2001



Quellen: AG Energiebilanzen, Statistisches Bundesamt, DIW

Abbildung 4-2

Endenergieverbrauch insgesamt nach Anwendungszwecken in Deutschland im Jahr 2000



Quellen: AG Energiebilanzen, VDEW

Tabelle 4-2

CO_2-Emissionen in Deutschland von 1990 bis 2000 nach Sektoren

	1990	1995	2000[1]	1990/00	1990/95	1995/00
	CO_2-Emissionen in Mio. t			Veränderungen in %		
Energierzeugung/-umwandlung	440,6	379,2	368,9	– 16,3	– 13,9	– 2,7
dar.: Kraftwerke	354,7	320,2	315,2	– 11,2	– 9,7	– 1,6
Industrie	169,7	127,0	119,4	– 29,6	– 25,2	– 6,0
Verkehr (national)[2]	158,0	172,5	178,3	12,8	9,2	3,4
dar.: Straßenverkehr	150,2	165,0	171,2	14,0	9,9	3,8
Haushalte	128,4	129,0	114,0	– 11,2	0,4	– 11,6
Gewerbe, Handel, Dienstleistungen[3]	90,4	68,4	60,1	– 33,5	– 24,4	– 12,1
Summe energiebedingte Emissionen	987,2	876,1	840,8	– 14,8	– 11,3	– 4,0
Industrieprozesse[4]	27,7	26,6	26,5	– 4,3	– 3,8	– 0,6
Gesamtemissionen	1 014,8	902,7	867,3	– 14,5	– 11,0	– 3,9
	Struktur der CO_2-Emissionen in %					
Energierzeugung/-umwandlung	43,4	42,0	42,5			
dar.: Kraftwerke	35,0	35,5	36,3			
Industrie	16,7	14,1	13,8			
Verkehr (national)[2]	15,6	19,1	20,6			
dar.: Straßenverkehr	14,8	18,3	19,7			
Haushalte	12,7	14,3	13,1			
Gewerbe, Handel, Dienstleistungen[3]	8,9	7,6	6,9			
Summe energiebedingte Emissionen	97,3	97,0	96,9			

[1] Vorläufig.
[2] Ohne internationalen Luftverkehr (80% des gesamten im Inland verbuchten Treibstoffverbrauchs im Luftverkehr).
[3] Einschließlich militärischer Dienststellen.
[4] Angaben lt. Umweltbundesamt (2000 geschätzt).

Quellen: Umweltbundesamt, Berechnungen des DIW

(464) Die Veränderungen der CO_2-Emissionen werden entsprechend einer internationalen Übereinkunft grundsätzlich im Vergleich zum Basisjahr 1990 bewertet. Bekanntermaßen weist aber 1990 für Deutschland im Zusammenhang mit der gerade in diesem Jahr vollzogenen politischen Vereinigung und der damit verbundenen – auch energierelevanten – Effekte wesentliche Besonderheiten auf, die es bei der Bezugnahme von Veränderungen der CO_2-Emissionen auf dieses Datum zu beachten gilt. So spielte in der konsolidierten Energiebilanz für 1990 die emissionsintensive Braunkohle in Ostdeutschland noch eine sehr große Rolle und das Niveau des Energieverbrauchs war ebenfalls tendenziell überhöht. Beides hat sich mit dem Einbruch der industriellen Produktion in den neuen Bundesländern und speziell des ostdeutschen Braunkohlenbergbaus beinahe „über Nacht“ verändert: Der Primär- wie der Endenergieverbrauch gingen in den neuen Bundesländern im Jahr 1991 jeweils um etwa ein Viertel gegenüber 1990 zurück. Die Braunkohlenförderung wurde um rund ein Drittel eingeschränkt, und der industrielle Endenergieverbrauch sank sogar um 40 %. Vor diesem Hintergrund ist es nicht verwunderlich, dass es Anfang der Neunzigerjahre zu einer erheblichen Reduktion auch der bundesweiten CO_2-Emissionen gekommen ist.

(465) Wenn nun aber die Emissionen in den späteren Jahren mit denjenigen im Jahr 1990 verglichen werden, besteht die Gefahr, die tatsächliche Tendenz des Emissionsrückganges zu überschätzen. Daher ist es für analytische Zwecke aussagekräftiger, die Werte nicht nur um Temperaturschwankungen zu bereinigen, sondern auch die ersten Jahre des Übergangs weitgehend außer Betracht zu lassen (Tabelle 4-3).

(466) Von der Minderung der temperaturbereinigten energiebedingten CO_2-Emissionen von 1990 bis 2001 um fast 153 Mio. t oder um etwa 15 % fallen rund 119 Mio. t CO_2 – also etwa 78 % der Gesamtreduktion in den elf Jahren von 1990 bis 2001 – in die Zeit von 1990 bis 1993. Im Jahre 2001 waren die CO_2-Emissionen also nur noch um knapp 34 Mio. t niedriger als 1993. Seit 1993 hat sich somit der Umfang der jährlichen Abnahme der CO_2-Emissionen-Reduktion deutlich abgeschwächt; von 1993 bis 2001 gingen die CO_2-Emissionen im jährlichen Mittel lediglich um

Tabelle 4-3

Kennziffern zur Entwicklung von Primärenergieverbrauch und CO_2-Emissionen in Deutschland 1990 bis 2001 (temperaturbereinigte Werte)

	Einheit	1990	1993	1995	2000[1]	2001[1]	Veränderungen 1990 bis1993 in % p. a.	Veränderungen 1993 bis 2001 in % p. a.
Einwohner (Jahresdurchschnitt)	Mio.	79,4	81,2	81,7	82,1	82,3	0,8	0,2
Bruttoinlandsprodukt (BIP) zu Pr. von 1995	Mrd. DM	3 268	3384	3523	3850	3873	1,2	1,7
BIP je Einwohner	1 000 DM	41,2	41,7	43,1	46,9	47,0	0,4	1,5
Primärenergieverbrauch (PEV)	Petajoule	15 291	1 4331	1 4341	14 733	1 4612	– 2,1	0,2
PEV fossiler Energieträger	Petajoule	13 501	12 541	1 2424	12 562	12 436	– 2,4	– 0,1
Anteil emissionsfreier Energieträger am PEV	%	11,7	12,5	13,4	14,7	14,9		
Energiebedingte CO_2-Emissionen	Mio. T	1 013,5	894,5	880,6	867,3	860,8	– 4,1	– 0,5
PEV je Einwohner	Gigajoule	193	177	176	179	178	– 2,9	0,1
CO_2-Emissionen je Einwohner	t CO_2	12,8	11,0	10,8	10,6	10,5	– 4,8	– 0,7
CO_2-Gehalt der fossilen PEV	t CO_2/TJ	75,1	71,3	70,9	69,0	69,2	– 1,7	– 0,4
Gesamtwirtschaftliche Energieintensität	TJ je Mrd. DM BIP	4 679	4 235	4 071	3 827	3 773	– 3,3	– 1,4
Gesamtwirtschaftliche CO_2-Intensität	t CO_2 je Mio. DM BIP	310	264	250	225	222	– 5,2	– 2,1

[1] Angaben z.T. vorläufig.

Quellen: AG Energiebilanzen, Umweltbundesamt, Deutscher Wetterdienst, Statistisches Bundesamt, Berechnungen des DIW

kaum mehr als 4 Mio. t zurück. Deutlich und ohne Unterbrechung zurückgegangen ist dagegen die gesamtwirtschaftliche Emissionsintensität, also das Verhältnis von CO_2-Emissionen zum realen Bruttoinlandsprodukt: Je Einheit des realen Bruttoinlandsprodukts (in Preisen von 1995) wurden 2001 reichlich 28 % weniger CO_2 emittiert als 1990; jahresdurchschnittlich bedeutet das über den Zeitraum von 1990 bis 2001 hinweg einen Rückgang der temperaturbereinigten Werte um 3 %. Von 1990 bis 1993 waren es 5,2 % pro Jahr, von 1993 bis 2001 aber nur 2,1 %.

4.2 Referenzszenario für Deutschland

4.2.1 Grundsätzliche Vorgaben

(467) Für eine hypothetische Referenzentwicklung der Energiewirtschaft bis 2050 wurden von der Kommission und den Gutachtern eine Reihe von Annahmen getroffen, die im Folgenden dargestellt werden. Grundsätzlich gilt dabei, dass für alle Szenarien die Grundprinzipien von Demokratie und Marktwirtschaft langfristig verbindlich bleiben. Marktsteuerung erfolgt im Wesentlichen über Preise und marktkonforme Instrumente. In einer liberalisierten und globalisierten Weltwirtschaft sind dirigistische Maßnahmen die Ausnahme. Bei den Szenarien wird auch berücksichtigt, dass sich bis 2050 die politischen Kompetenzen in erheblichem Umfang von der nationalen auf die europäische Ebene verlagern. Die energiepolitischen Vorgaben sollen damit nicht in Widerspruch zu einer europäischen Energiepolitik stehen. Deutschland muss deshalb aber nicht auf eine Vorreiterrolle in Bezug auf nachhaltige Energiepolitik verzichten. Für die Szenarien wird antizipiert, dass auf europäischer Ebene eine Implementierung der Aspekte einer nachhaltigen Entwicklung in vielen Politikfeldern Fortschritte macht.

(468) Im Referenzszenario zeigen Wirtschaft, Politik und Verbraucher gegenüber heute keine gravierenden Verhaltensänderungen. Die Energiepolitik fährt auf dem eingeschlagenen Weg fort, eingeleitete Maßnahmen werden umgesetzt. Ordnungspolitische Vorgaben (z. B. Energieeinsparverordnung) werden der technischen Entwicklung entsprechend angepasst und verschärft. Die Verfügbarkeit über Öl und Gas wird durch langfristige Abkommen mit den Lieferländern gewährleistet. Die Märkte für Strom und Gas bleiben offen. Die Ökosteuer wird in dem heute beschlossenen Umfang erhöht. Die übrigen Energiesteuern (Mineralölsteuer, Erdgassteuer) werden dem Index der Lebenshaltungskosten angepasst, also real konstant gehalten. Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) und das Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz (KWK-G) gelten als gesetzliche Regelung zumindest bis 2010. Die Vorgaben zur Reduktion der Emission von Treibhausgasen im Rahmen der deutschen Selbstverpflichtungen – 25 % Einsparung bis 2005 bzw. 21 % im Rahmen des EU burden sharing zum Kioto-Protokoll bis 2008/2012 gegenüber 1990 – wurden allerdings nicht in das Referenzszenario integriert.

(469) Im Ergebnis zeigt das Referenzszenario eine Entwicklung, wie sie sich unter den getroffenen Annahmen herausbilden könnte. Das bedeutet weder die Beschreibung einer wahrscheinlichen, noch gar einer „unvermeidbaren“ Entwicklung. Vielmehr dient sie methodisch vor allem der Darstellung eines Referenzpfades für die im Kapitel 5 diskutierten Zielszenarien.

4.2.2 Sozioökonomische Rahmendaten

(470) Allen Szenarien, also auch den Zielszenarien (vgl. Kapitel 5), wird ein grundsätzlich identischer Satz von sozioökonomischen Rahmendaten vorgegeben. Dazu gehören vor allem Annahmen über die langfristige demographische Entwicklung, über das gesamtwirtschaftliche und sektorale Produktionswachstum, die Wohnflächenentwicklung, die Verkehrsleistung im Personen- und Güterverkehr sowie die Veränderungen der Preise für importierte Energieträger (die Verbraucherpreise werden als Schattenpreise modellendogen bestimmt).

(471) Langfristig wird für alle Szenarien mit einem starken Rückgang der Bevölkerung bei guter wirtschaftlicher Entwicklung gerechnet (Tabelle 4-4). Die Bevölkerung Deutschlands wird von heute rund 82 Mio. auf 68 Mio. Menschen im Jahr 2050 sinken. Im gleichen Zeitraum wird sich das reale Bruttoinlandsprodukt (BIP) etwa verdoppeln. Das bedeutet, dass sich das Bruttoinlandsprodukt pro Kopf auf etwa das 2,4fache steigern wird.

(472) Mit dem durchgängigen Wirtschaftswachstum bei gleichzeitig – vor allem in den beiden letzten Jahrzehnten des Betrachtungszeitraumes – stark sinkender Bevölkerungszahl wird die Zahl der Erwerbstätigen deutlich langsamer zurückgehen als das Erwerbspersonenpotenzial. Dadurch vermindert sich die Lücke zwischen Erwerbspersonenpotenzial und Zahl der Erwerbstätigen von 4,4 Mio. im Jahr 1998 und sogar 5 Mio. im Jahr 2010 bis auf 1,7 Mio. Mitte des Jahrhunderts.

(473) Ungeachtet des Bevölkerungsrückganges wird sich die gesamte Wohnfläche bis zum Jahr 2030 noch erhöhen und erst danach spürbar zurück gehen. Die durchschnittliche Wohnfläche pro Einwohner nimmt aber über den gesamten Zeitraum bis 2050 deutlich zu; im Vergleich zu 2000 werden es fast 50 % oder reichlich 18 m^2 mehr sein.

(474) Die Annahmen über die Veränderungen der (realen) Importpreise der wichtigsten Energieträger in den nächsten 50 Jahren sind von der Enquete-Kommission vorgegeben worden. Danach wird für den gesamten Zeitraum von 2000 bis 2050 beim Erdöl eine jahresdurchschnittliche Preissteigerung um 1,7 %, beim Erdgas eine solche um 1,9 % und bei der Steinkohle eine Erhöhung um 0,9 % zu Grunde gelegt.

(475) Die Annahmen zu den Wachstumsperspektiven einzelner Branchen bis zum Jahr 2020 basieren auf dem Energiereport III der Prognos AG. Für den Zeitraum 2020 bis 2050 wurden die Entwicklungen in abgeschwächter Form (generelle Wachstumsverlangsamung) fortgeschrieben. Insgesamt geht die Projektion von einer langfristigen Tertiarisierungstendenz aus. So wird über den gesamten Zeitraum gesehen die (reale) Bruttowertschöpfung der Land- und Forstwirtschaft ebenso wie die des Bergbaus rückläufig sein, und diejenige des verarbeitenden Gewerbes, der Energie- und Wasserversorgung sowie des Baugewerbes wird deutlich schwächer steigen als die Bruttowertschöpfung insgesamt. Dagegen wird es vor allem im Bereich Handel, Gastgewerbe, Verkehr und bei den sonstigen Dienstleistungen zu einem überdurchschnittlich starken Wachstum kommen. Insgesamt werden die Dienstleistungssektoren ihren Anteil an der Bruttowertschöpfung von etwa zwei Dritteln im Jahr 1998 auf rund drei Viertel zur Mitte des Jahrhunderts ausweiten.

(476) Bei der Verkehrsleistung im Personenverkehr – die (wie die Verkehrsleistung im Güterverkehr) in ihrer Summe, nicht aber in ihrer Struktur („Modal-Split“) für alle Szenarien gilt – ist eine ähnliche Entwicklung wie bei der Wohnfläche zu beobachten (Tabelle 4-5): Während die Personenkilometer zunächst weiter auf etwa 1 140 Mrd. Pkm pro Jahr steigen, fallen sie nach 2030 wieder leicht, obwohl die Kilometer pro Person und Jahr weiter zunehmen. Langfristig wird der Anstieg jedoch aufgrund von Sättigungstendenzen gebremst. Der sich stark verändernde Altersaufbau der Bevölkerung schlägt sich auch in einem weiter zunehmenden Freizeitverkehr nieder. Daraus folgt vor allem ein Wachstum bei den (Fernverkehrs-)Bahnen und beim Luftverkehr, wobei zum Ende des Betrachtungszeitraumes die Personenverkehrsleistungen bei den Bahnen sogar schneller wachsen als im Luftverkehr. Der Öffentliche Straßenpersonenverkehr (ÖSPV) weist eine absolut konstant bleibende Personenverkehrsleistung auf. Der Rückgang der gesamten Personenverkehrsleistung nach 2030 geht vom motorisierten Individualverkehr (MIV) aus, der mit einem Anteil von mehr als drei Vierteln auch im Jahr 2050 noch der mit weitem Abstand vorrangige Bereich bleibt.

(477) Die Intensität der Arbeitsteilung nimmt national wie international langfristig weiter zu. Dies führt unmittelbar zu einer kräftigen Zunahme des Güterverkehrs. Mitte des Jahrhunderts wird die Güterverkehrsleistung etwa doppelt so hoch sein wie im Jahr 2000. Die Entwicklung des Straßengüternahverkehrs ist mit leicht fallender Tendenz mit der Entwicklung des Bruttoinlandsprodukts korreliert. Der Anteil an der gesamten Güterverkehrsleistung bleibt jedoch konstant (Vor- und Nachlauf von Fernverkehrsfahrten). Für den Güterfernverkehr wird angenommen, dass aufgrund der gesteigerten Arbeitsteilung die Transportintensität – also die Tonnenkilometer pro Nettoproduktionswert des verarbeitenden Gewerbes – bis etwa 2020 verlangsamt wächst. Langfristig gleichen die Steigerung der Wertdichten und die Gewichtsreduktion der Güter die Intensivierung der Arbeitsteilung jedoch mehr als aus. Bezogen auf das BIP resultieren daraus nach 2030 rückläufige Transportintensitäten. Verstärkt wird dieser Effekt durch die zunehmende Bedeutung des Dienstleistungssektors. Bahn und Schiff weisen absolut gesehen starke Zuwächse auf. Während die Bahn nach 2030 auch anteilig gewinnt, geht der Anteil der Schifffahrt im selben Ausmaß zurück. Der Straßengüterfernverkehr wächst entsprechend der gesamten Güterverkehrsleistung; im Jahr 2050 wird sein Anteil fast 60 % betragen (2000: rd. 55 %). In den Angaben nicht enthalten ist die Transportleistung des Luftverkehrs, die konstant rund 1 Mrd. tkm beträgt (0,1 %).

Tabelle 4-4

Sozioökonomische Rahmendaten für die Szenarien

Bevölkerung	**2000**	**2005**	**2010**	**2020**	**2030**	**2050**
Einwohner in Mio.	82,2	82,2	82,1	80,8	77,9	67,8
Bruttoinlandsprodukt						
BIP (Mrd. Euro)	2 023	2 221	2 438	2 882	3 286	3 989
BIP pro Kopf (Euro)	24 611	27 019	29 695	35 668	42 182	58 835
Veränderung p. a.	**2005/2000**	**2010/2005**	**2020/2010**	**2030/2020**	**2050/2030**	**2050/2000**
BIP (Mrd. Euro)	1,9 %	1,9 %	1,7 %	1,3 %	1,0 %	1,4 %
BIP pro Kopf (Euro)	1,9 %	1,9 %	1,8 %	1,7 %	1,7 %	1,8 %
Arbeitsmarktdaten (in Mio.)	**1998**		**2010**	**2020**	**2030**	**2050**
Erwerbspersonenpotenzial	42,0	k. A.	42,7	41,0	36,9	34,0
Erwerbstätige	37,5	k. A.	37,6	37,2	34,9	32,2
Differenz	– 4,4	k. A.	– 5,0	– 3,8	– 2,0	– 1,7
sektorale Wirtschaftsleistung (Struktur in %)	**1998**		**2010**	**2020**	**2030**	**2050**
Land- und Forstwirtschaft	1,3	k. A.	1,1	0,9	0,8	0,6
Bergbau	0,4	k. A.	0,2	0,1	0,1	0,1
Verarbeitendes Gewerbe	22,0	k. A.	21,5	21,3	20,7	19,6
Energie- und Wasserversorgung	2,2	k. A.	2,0	1,9	1,8	1,5
Baugewerbe	6,0	k. A.	5,3	4,8	4,3	3,3
Handel, Gastgewerbe, Verkehr	17,7	k. A.	18,3	18,7	19,2	19,7
Kreditinstitute, Versicherungen	5,2	k. A.	5,1	5,0	4,9	4,6
Sonstige Dienstleistungen	39,1	k. A.	41,5	43,1	44,8	48,2
Verwaltung, Verteidigung, Sozialvers.	6,3	k. A.	4,9	4,2	3,5	2,4
Insgesamt	100,0	k. A.	100,0	100,0	100,0	100,0
Wohnflächen	**2000**	**2005**	**2010**	**2020**	**2030**	**2050**
Ein-/Zweifamilienhäuser (Mio. m^2)	1 880	2 016	2 155	2 425	2 493	2 356
Mehrfamilienhäuser (inkl. Nichtwohngeb.) (Mio. m^2)	1 428	1 505	1 578	1 717	1 738	1 616
Summe	3 308	3 521	3 733	4 142	4 231	3 972
Wohnfläche pro Kopf (m^2)	40,2	42,8	45,5	51,3	54,3	58,6
Verkehrsleistung						
Personenverkehr, Mrd. Pkm	968,1	1034	1090,7	1 138,2	1 139,1	1 026,9
Güterverkehr, Mrd. tkm	483,1	544,3	607,4	732,4	839,2	964,4
Energieträgerpreise (Euro/GJ)						
Erdöl	2,81	3,18	3,56	4,31	5,06	6,57
Erdgas	2,15	2,50	2,84	3,52	4,20	5,57
Steinkohle	1,36	1,40	1,43	1,59	1,76	2,09
Pkm je Einwohner	11,8	12,6	13,3	14,1	14,6	15,1

Tabelle 4-5

Annahmen zur Entwicklung der Verkehrsnachfrage im Referenzszenario

Personenverkehr in Mrd. Pkm	**1995**	**2000**	**2010**	**2020**	**2030**	**2040**	**2050**
Insgesamt	927,4	968,1	1 090,9	1 138,2	1 139,1	1 099,8	1 026,9
in %							
MIV	80,1	80,0	80,8	80,5	80,2	79,3	77,7
ÖSPV	8,3	7,9	7,4	7,2	7,2	7,5	8,0
Bahnen	8,1	7,7	7,0	7,0	7,2	7,6	8,1
Luftverkehr	3,5	4,4	4,8	5,3	5,4	5,7	6,2
Summe	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1990 = 100							
MIV	108,1	112,7	128,2	133,3	132,8	126,8	116,1
ÖSPV	84,0	83,5	88,4	89,5	89,7	89,8	89,9
Bahnen	121,7	121,1	123,3	129,8	133,0	134,7	135,5
Luftverkehr	173,3	225,2	280,0	320,1	330,2	335,2	337,4
Summe	107,9	112,7	126,9	132,4	132,6	128,0	119,5
Güterverkehr in Mrd. tkm	**1995**	**2000**	**2010**	**2020**	**2030**	**2040**	**2050**
insgesamt	413,0	483,1	607,4	732,4	839,3	919,9	964,3
in %	**1995**	**2000**	**2010**	**2020**	**2030**	**2040**	**2050**
Straße nah	17,4	14,8	13,7	13,9	13,9	13,9	14,0
Straße fern	50,4	55,1	57,5	58,9	59,4	59,2	58,9
Bahn	16,7	16,3	15,4	14,5	14,2	14,5	14,8
Schiff	15,5	13,9	13,4	12,7	12,5	12,3	12,3
1990 = 100	**1995**	**2000**	**2010**	**2020**	**2030**	**2040**	**2050**
Straße nah	125,2	124,0	144,7	177,0	203,0	223,2	234,8
Straße fern	164,0	210,0	275,4	340,4	393,3	429,6	448,1
Bahn	68,9	78,4	93,2	106,0	119,0	133,1	142,3
Schiff	113,6	118,8	144,9	164,7	185,5	201,4	210,3
Summe	121,2	141,7	178,2	214,9	246,2	269,9	282,9

4.2.3 Energie- und umweltpolitische Vorgaben

(478) Die dem Referenzszenario zu Grunde gelegten energie- und umweltpolitischen Vorgaben sind der Tabelle 4-6 zu entnehmen. Danach werden hinsichtlich der Entwicklung der CO_2-Emissionen keine besonderen Vorgaben gemacht. Die für 2010 und 2020 genannten Reduktionen reflektieren lediglich die aktuellen „prognostischen“ Emissionserwartungen für diese beiden Jahre. Von den heimischen Stein- und Braunkohlen sollen im Jahr 2010 mindestens noch 750 PJ bzw. 1 400 PJ und im Jahr 2020 rd. 500 PJ bzw. 1 400 PJ eingesetzt werden; danach werden für beide heimischen Energieträger keine Vorgaben gemacht. Für die erneuerbaren Energiequellen werden für den gesamten Betrachtungszeitraum steigende Anteile am Nettostromverbrauch und für die Jahre bis 2020 auch Mindestanteile am Primärenergieverbrauch vorgegeben. Die Kernenergie soll in diesem Referenzszenario gemäß der Vereinbarung zwischen der Bundesregierung und den Kernkraftwerksbetreibern sowie der darauf fußenden Novelle des Atomgesetzes auslaufen. Neugebaute Gebäude sollen ab 2002 der Energieeinsparverordnung entsprechen. Für die Folgejahre wird angenommen, dass diese Anforderungen in einer Fortschreibung der Energieeinsparverordnung noch weiter verschärft werden. Auch für Sanierungsmaßnahmen im Altbaubereich gelten die Vorgaben und eine Fortschreibung der Energieeinsparverordnung. Eine CO_2-Abscheidung und -Deponierung soll im Referenzszenario nicht berücksichtigt werden.

4.2.4 Energiebedarfsspezifische Annahmen

(479) Um in den verwendeten Energiesystemmodellen die Energieverbrauchswerte und die Verteilung auf die Energieträger zu berechnen, bedarf es neben den sozioökonomischen Rahmendaten sowie den energie- und umweltpolitischen Vorgaben zusätzlicher Annahmen über

Tabelle 4-6

Energie- und umweltpolitische Vorgaben für das Referenzszenario

CO_2-Emissionen	**2010**	**2020**	**2030**	**2040**	**2050**
Reduktionspfad von CO_2-Emissionen (Mindestveränderung gegenüber 1990)	– 14 %	– 15 %		Modellergebnis	
Nachfrage nach Energiedienstleistungen	abgeleitet aus Rahmendaten				
Erneuerbare Energiequellen					
Mindestanteil am Nettostromverbrauch	> 8 %	> 10 %	> 15 %	> 17,5 %	> 20 %
Mindestanteil am Primärenergieverbrauch[1]	> 3,5 %	> 4,4 %		keine Vorgaben	
Kraftwerkskapazitäten					
Ausbau Kraft-Wärme-Kopplung[2]	> 10 %	> 15 %	> 16,7 %	> 18,3 %	> 20 %
Nutzung der Kernenergie	gemäß Novelle des Atomgesetzes vom 14. Dezember 2001				
Mindestnutzung heimischer Kohlen in PJ					
Steinkohle	> 750	> 500		keine Vorgaben	
Braunkohle	> 1 400	> 1 400			
CO_2-Senken					
CO_2-Abscheidung / Deponierung	nicht zulässig				
Effizienzmaßnahmen					
Mindestanforderungen Neubau	ab 2002 gemäß EnEV	EnEV – 15 %	EnEV – 30 %		EnEV – 40 %
Mindestanforderungen Altbaurenovierung					EnEV – 50 %
Umsetzungsrate Altbau Wohngebäude	0,5 %/a				
Verkehr					
Verkehrsleistung	Fortschreibung Energiereport III (Prognos AG)				

EnEV = Energieeinsparverordnung
1 Wirkungsgradmethode
2 Richtlinie FW 308, Anteil am Nettostromverbrauch

die Kosten von Energietechnologien und über die Veränderungen der sektoralen Energieeffizienzen in den Bereichen Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und Industrie. Auf die wichtigsten dieser Annahmen wird im Folgenden kurz eingegangen.

(480) Grundsätzlich wird unterstellt, dass sich die Energieeffizienz in nahezu allen Sektoren verbessert: Beispielsweise wird sich der spezifische Endenergieverbrauch über den gesamten Betrachtungszeitraum hinweg in der Industrie jahresdurchschnittlich um 1,6 % vermindern; gegenüber 1998 bedeutet das eine Minderung um nahezu 60 %. Darin schlagen sich allerdings nicht nur technische Effizienzverbesserungen, sondern auch der inter- und intraindustrielle Strukturwandel hin zu weniger energieintensiven Branchen und Erzeugnissen nieder. Im Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen wird der (auf die reale Bruttowertschöpfung bezogene) spezifische Endenergieverbrauch bis 2050 im jährlichen Durchschnitt mit 1,7 % ähnlich stark wie in der Industrie zurückgehen. Auch hier spielt es eine Rolle, dass einerseits die prozessenergieintensiven Bereiche (Baugewerbe, Landwirtschaft) im Zuge des wirtschaftlichen Strukturwandels weiter an Bedeutung verlieren, während andererseits neue bzw. renovierte Gebäude in den raumwärmeintensiven Bereichen zunehmend an Gewicht gewinnen.

(481) Bei den Heizungssystemen der privaten Haushalte wird unterstellt, dass pro Jahr aus dem Altbestand maximal 2,5 % der Anlagen durch Anlagen mit einem anderen Energieträger substituiert werden können. Dabei wird der Einsatz von Kohlen nach oben begrenzt, da ein Wechsel zu Kohleheizung zwar aus einzelwirtschaftlichem Kalkül heraus rational sein könnte, jedoch aus Komfortgründen kaum stattfinden wird. Es wird angenommen, dass bei den neuen Einfamilienhäusern der Anschluss an solare Warmwasserversorgung bis auf mindestens 50 % im Jahr 2050 steigt. Die Effizienz von Haushaltsgeräten wird dem historischen Trend folgend fortgeschrieben (Tabelle 4-7).

(482) Der spezifische Flottenverbrauch der Pkw geht zu Beginn des Untersuchungszeitraums vergleichsweise stark

Tabelle 4-7

Effizienz des Energieeinsatzes im Haushalt in kWh pro Gerät und Jahr

	1997	2010	2020	2030	2040	2050
Kühlschrank	280,4	208,5	178,2	157,7	130,4	114,0
Gefrierschrank	301,4	225,8	200,8	163,8	142,7	130,8
Waschmaschine	157,6	115,4	100,9	97,4	95,6	93,8
Spülmaschine	227,0	185,2	170,5	162,0	153,0	144,0
Fernseher	136,6	132,2	123,8	122,0	121,0	120,0
PC	151,0	166,0	136,0	126,9	117,9	108,8
		Energiereport III		Fortschreibung IER		

zurück (z. B. von 2010 bis 2020 um durchschnittlich 1,5 % pro Jahr), vermindert sich aber danach nur noch vergleichsweise moderat. Demgegenüber verbessern sich die Flottenverbrauchswerte der Lkw im Zeitablauf mit leicht zunehmender Tendenz (Tabelle 4-8).

(483) Wesentlich für die Veränderungen der Struktur des Kraftwerkparks sind die Annahmen über die Investitionskosten der unterschiedlichen Kraftwerkstypen. Hierzu wurden von der Kommission die in Tabelle 4-9 beispielhaft zusammengestellten Vorgaben für das Referenz- wie für die Zielszenarien getroffen. Gemeinsam ist diesen Daten, dass für alle Kraftwerkstypen im Zeitablauf mit einem mehr oder weniger starken Rückgang der spezifischen Investitionskosten gerechnet wird, ohne dass sich die Relationen zwischen den einzelnen Kraftwerkstypen signifikant ändern würden.

(484) Für die erneuerbaren Energien wird bis 2050 ein erheblicher Rückgang der Investitionskosten gegenüber den heutigen Werten erwartet. Es wird damit gerechnet, dass sie sich bei der Photovoltaik um 85 %, bei der Solarthermie um 56 %, bei der Windenergie im Offshore-Bereich um rd. 54 % und im Onshore-Bereich bis 2050 um 37 % vermindern, wobei bei der Windenergie die wesentliche Entwicklung bereits bis zum Jahr 2020 stattfindet.

4.2.5 Modellergebnisse

(485) Unter den vorgegebenen Annahmen zur Bevölkerungs- und Wirtschaftsentwicklung kommt es im Referenzszenario insgesamt zu einer Senkung des Endenergieverbrauchs in Deutschland. Zwar steigt der Endenergieverbrauch zunächst noch von knapp 9 200 PJ im Jahr 2000 auf 9 705 PJ im Jahr 2010. Danach geht er aber deutlich zurück; im Jahr 2050 wird er um rd. 11 % niedriger sein als 2000 (Tabelle 4-10).

(486) Diese Entwicklung ist aufgrund der vorliegenden Annahmen zur Energieeffizienz und zur Wohnflächen- und Wirtschaftsentwicklung vor allem durch den Sektor Haushalte und durch den Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) und längerfristig insbesondere durch den Verkehrssektor geprägt. Bei den Haushalten werden im Jahr 2050 etwa 13 % weniger Endenergie benötigt als 2000. Der Endenergieverbrauch des GHD-Sektors wird dann trotz einer weiter zunehmenden Tendenz zur Dienstleistungsgesellschaft um knapp 6 % unter dem Niveau des Jahres 2000 liegen. Mit reichlich 5 % fällt der Rückgang des industriellen Endenergieverbrauchs innerhalb des gesamten Zeitraumes kaum schwächer aus.

(487) Bemerkenswert ist die Entwicklung im Verkehrssektor: Hier wächst der Endenergieverbrauch trotz der

Tabelle 4-8

Flottenverbrauchswerte im Referenzszenario

	2010	2020	2030	2040	2050
	Liter Benzin- bzw. Dieseläquivalent pro 100 km				
Pkw	7,6	6,5	6,0	5,8	5,6
Lkw	25,8	24,5	23,2	21,7	20,1
	jahresdurchschnittliche Veränderungen gegen Vorjahr in %				
Pkw		– 1,5	– 0,9	– 0,4	– 0,4
Lkw		– 0,5	– 0,5	– 0,6	– 0,8

Tabelle 4-9

Spezifische Investitionskosten fossil befeuerter Kraftwerke

Spezifische Investitionskosten[1]	Netto-leistung in MW	2000	2010	2020	2030	2040	2050
Kondensationskraftwerke (Kond.-KW)							
SK-Kond.-KW	700	2 350	2 150	1 900	1 850		
SK-Kond.-KW	500	2 600	k. A.	k. A.	k. A.		
“ mit integr. Kohlevergasung	650	3 200	2 700	2 450	2 400		
BK-Kond.-KW	965	2 600	2 500	2 400	2 300		
Erdgas-GuD-KW	650	1 050	850	800	750		
Entnahme-Kondensations-KWK-Anlagen							
SK-Entnahme-Kond.-KWK	500	2 840	2 770	2 700	2 630		
SK-Entnahme-Kond.-KWK	300	3 100	3 030	2 960	2 890		
Erdgas-Entnahme-Kond.-KWK	50	1 650	1 590	1 530	1 470		
Erdgas-Entnahme-Kond.-KWK	100	1 380	1 320	1 260	1 200		
Erdgas-Entnahme-Kond.-KWK	200	1 200	1 140	1 080	1 020		
Gegendruck-KWK-Anlagen							
SK-Heizkraftwerk	200	2 500	2 450	2 400	2 350		
Erdgas-GuD-HKW	100	1 250	1 150	1 100	1 050		
Erdgas-GuD-HKW	200	1 150	1 000	950	900		

[1] Mit Bauherren-Eigenleistung; ohne Zinsen.

SK = Steinkohle, BK = Braunkohle, KWK = Kraft-Wärme-Kopplung, GuD = Gas und Dampf, HKW = Heizkraftwerk

Tabelle 4-10

Endenergieverbrauch im Referenzszenario in Deutschland

Angaben in PJ	1990	1995	1998	2000	2010	2020	2030	2040	2050
Endenergieverbrauch nach Sektoren									
Industrie	2 977	2 474	2 397	2 430	2 509	2 508	2 486	2 401	2 299
Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	1 702	1 614	1 576	1 472	1 518	1 511	1 526	1 494	1 389
Haushalte	2 383	2 655	2 779	2 550	2 841	2 865	2 710	2 461	2 221
Verkehr	2 379	2 614	2 692	2 745	2 838	2 757	2 639	2 485	2 299
Summe	**9 441**	**9 357**	**9 444**	**9 197**	**9 705**	**9 641**	**9 362**	**8 842**	**8 208**
Endenergieverbrauch nach Energieträgern									
Kohlen	1 546	632	489	487	421	393	359	350	348
Mineralölprodukte	3 980	4 340	4 344	4 084	4 164	3 945	3 657	3 253	2 761
Gase	1 870	2 261	2 415	2 377	2 687	2 797	2 788	2 643	2 429
Strom	1 607	1 649	1 699	1 729	1 843	1 896	1 906	1 881	1 816
Fern-/Nahwärme	383	366	311	334	343	350	348	345	368
Erneuerbare	55	109	186	186	248	254	289	312	334
Sonstige (Methanol, Wasserstoff)	0	0	0	0	0	5	16	57	152
Summe	**9 441**	**9 357**	**9 444**	**9 197**	**9 705**	**9 641**	**9 362**	**8 842**	**8 208**

Quelle: AG Energiebilanzen

Modellergebnisse

stark steigenden Verkehrsleistung nur noch bis 2010 (+ 3,4 % gegenüber 2000). Wesentlich hierfür ist die unterstellte Umsetzung der freiwilligen Selbstverpflichtung der Deutschen Automobilindustrie. Nach 2010 werden geringere Zuwächse der Verkehrsleistungen und weitere Effizienzsteigerungen angenommen, so dass sich von 2010 bis 2050 ein Rückgang des Endenergieverbrauchs im Verkehr um 19,0 % ergibt; im Vergleich zu 2000 wird damit der Verkehrssektor mit gut 16 % den deutlich stärksten Verbrauchsrückgang aufweisen. Eine detaillierte Übersicht über die Veränderungen des Energieverbrauchs im Verkehrsbereich gibt Tabelle 4-11. Auffällig ist die drastische Substitution von Fahrzeugen mit Ottomotoren durch Dieselfahrzeuge, so dass der Dieselkraftstoff das Benzin schon von 2010 an vom ersten Platz verdrängt und im Jahr 2050 mit weitem Abstand an der Spitze liegt. Selbst der Kerosinverbrauch im Luftverkehr wird dann noch größer sein als der Benzineinsatz. Alternative Kraftstoffe spielen auch Mitte des Jahrhunderts nur eine nachgeordnete Rolle. So erreichen Brennstoffzellenfahrzeuge erst nach 2020 eine etwas stärkere Marktdurchdringung. Im Jahr 2050 werden rd. 10 % der Fahrleistung des MIV von Fahrzeugen mit Brennstoffzellenantrieben erbracht.

(488) Als Folge der unterschiedlichen sektoralen Entwicklungen wird sich die Energieträgerstruktur des Endenergiebedarfs im Referenzszenario erheblich verändern: Die Kohlen werden in allen Sektoren weiter an Bedeutung verlieren und im Jahr 2050 nur noch mit wenig mehr als 4 % zum Endenergieverbrauch beitragen (vgl. Abbildung 4-3). Aufgrund der Entwicklung des Endenergieverbrauchs im Verkehr geht auch die Verwendung von Mineralölprodukten insgesamt deutlich zurück; ihr Anteil sinkt von 44,4 % im Jahr 2000 auf nur noch rund ein Drittel zur Mitte des Jahrhunderts. Dagegen können die Gase ihren Anteil von knapp 26 % (2000) bis auf rd. 30 % von 2030 an ausbauen. Schon von 2020 an werden die Gase die wichtigsten Energieträger im Endenergiebereich sein.

(489) Die Nah- und Fernwärme kann im Referenzszenario ihren Beitrag zur Deckung der Endenergienachfrage zwar ausbauen, doch bleibt er mit weniger als 5 % auch noch im Jahr 2050 (3,6 % im Jahr 2000) nach wie vor begrenzt. Im Unterschied zu anderen Energieträgern schlägt sich hier die rückläufige Entwicklung des Wärmebedarfs der Haushalte und GHD nicht in größerem Ausmaß verbrauchsmindernd nieder, da die Entwicklung vor allem durch die vorgegebenen Anteile des KWK-Stroms an der gesamten Stromerzeugung geprägt wird.

(490) Der Endenergieverbrauch an Strom zeigt bis 2030 zunächst einen kräftigen Anstieg (+ 10 % gegenüber 2000), geht dann aber zurück, so dass das Stromverbrauchsniveau im Jahr 2050 nur um rd. 5 % über demjenigen im Jahr 2000

Tabelle 4-11

Endenergieverbrauchswerte im Verkehrssektor in Deutschland

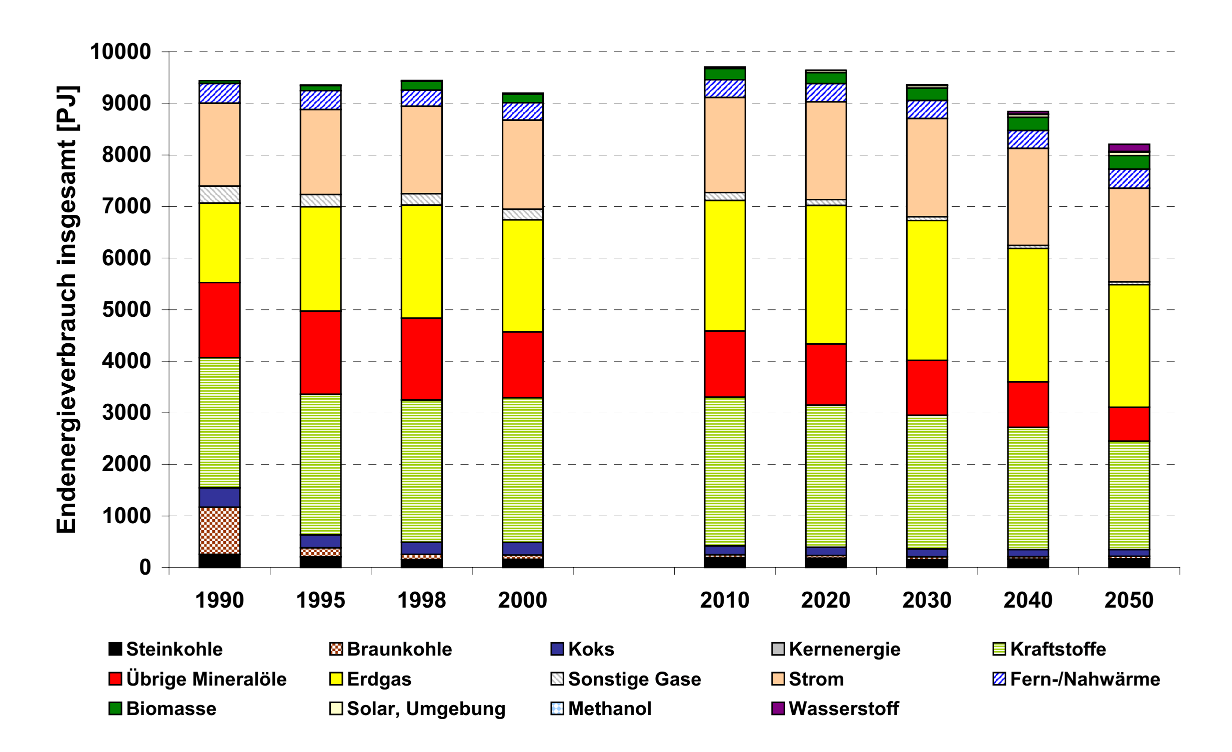
Angaben in PJ		1991	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2010	2020	2030	2040	2050
Straßenverkehr		**2118**	**2266**	**2270**	**2278**	**2329**	**2403**		**2392**	**2272**	**2133**	**1968**	**1774**
davon	Mot. Individualverkehr	1513	1530	1535	1527	1536	1544		1464	1280	1105	942	793
	Kraftomnibusse	45	41	42	41	42	42		37	35	32	31	28
	Übr. Fahrzeuge (Lkw)	560	695	693	709	751	817		890	957	995	995	953
Schienenverkehr		**90**	**89**	**89**	**89**	**84**	**82**		**86**	**92**	**93**	**90**	**91**
davon	Personenverkehr	62	68	69	65	57	52		49	50	50	46	46
	Güterverkehr	28	21	20	24	27	30		37	42	43	44	45
Binnenschifffahrt (Diesel)		**28**	**24**	**22**	**22**	**17**	**14**		**22**	**28**	**35**	**41**	**44**
Luftverkehr (Kerosin)		**192**	**235**	**244**	**254**	**262**	**280**		**338**	**364**	**378**	**386**	**390**
insgesamt:		**2428**	**2614**	**2625**	**2643**	**2692**	**2779**	**2745**	**2838**	**2757**	**2639**	**2485**	**2299**
davon	Personenverkehr	1812	1874	1890	1888	1897	1918		1889	1729	1565	1405	1257
	Güterverkehr	616	740	735	755	795	861		949	1028	1074	1080	1041
Energieeinsatz		**2428**	**2614**	**2625**	**2643**	**2692**	**2779**	**2745**	**2838**	**2757**	**2639**	**2485**	**2299**
davon	Benzin	1332	1300	1301	1298	1302	1302	1238	1144	919	728	534	344
	Diesel	848	1019	1017	1025	1065	1134	1145	1267	1344	1358	1320	1246
	Kerosin	192	235	244	254	261	280	297	338	364	378	386	390
	Gas	1	2	1	1	1	1	1	16	37	50	50	6
	Strom	55	58	60	61	58	57	58	67	78	96	119	139
	Biokraftstoff	0	0	3	4	5	5	6	6	10	14	18	22
	Methanol	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	8	13
	Wasserstoff	0	0	0	0	0	0	0	0	3	11	49	139

Quelle: Prognos, AG Energiebilanzen, DIW

Ergebnisse des Referenzszenarios

Abbildung 4-3

Endenergieverbrauch nach Energieträgern im Referenzszenario in Deutschland



liegt (vgl. Tabelle 4-12); zwischenzeitlich beträgt der Anstieg bis 2030 ca. 12,4 % gegenüber 1998. Der Zuwachs ist hauptsächlich auf die Sektoren Industrie (z. B. durch zunehmende Automatisierung), GHD (aufgrund der wachsenden Bedeutung des Dienstleistungssektors und des verstärkten Technikeinsatzes in diesen Bereichen) und Verkehr mit steigenden Anteilen des Schienenverkehrs sowie dem Einsatz von Strom in alternativen Antriebskonzepten zurückzuführen. Dem steht ein langfristig rückläufiger Stromverbrauch bei den Haushalten, sowohl bei Wärmeanwendungen als auch bei Elektrogeräten, gegenüber. Hier werden aber gegen Ende des Betrachtungszeitraumes aufgrund der weiter steigenden Preise für fossile Energieträger verstärkt Elektro-Wärmepumpen eingesetzt, mit entsprechenden Konsequenzen für den Stromverbrauch.

(491) Für die künftige Struktur des Stromerzeugungssystems sind zum einen die Entwicklung der Stromnachfrage und zum anderen die bestehenden Kraftwerkskapazitäten sowie die sich aus ihrer Altersstruktur ergebenden Ersatzinvestitionszeitpunkte relevant. Daraus und aus der Vorgabe eines zu jedem Zeitpunkt ausgeglichenen

Tabelle 4-12

Nettostromverbrauch nach Sektoren im Referenzszenario in Deutschland

Angaben in Mrd. kWh	1990	1995	1998	2000	2010	2020	2030	2050
Industrie	207,8	190,4	198,9	210,0	220,1	232,9	237,4	228,7
Gewerbe, Handel und Dienstleistungen	107,8	124,1	126,4	123,1	137,3	145,8	152,2	144,7
Haushalte	117,2	127,2	130,6	131,1	135,9	126,3	113,2	92,6
Verkehr	13,6	16,2	16,1	16,1	18,7	21,7	26,6	38,6
Endenergie	**446,4**	**457,9**	**471,9**	**480,3**	**512,0**	**526,8**	**529,3**	**504,5**
Sonstige[1]	62,8	43,5	42,1	46,9	45,4	45,0	41,8	50,2
Insgesamt:	**509,2**	**501,4**	**514,0**	**527,2**	**557,0**	**571,8**	**571,1**	**554,7**

[1] Verbrauch und Verluste im Umwandlungsbereich (ohne Kraftwerkseigenverbrauch).

Stromimportsaldos ergibt sich, wie viel neue Kraftwerkskapazitäten zuzubauen sind. Das Modell berechnet diese dann entsprechend den Investitionskosten und Energieträgerpreiserwartungen zum jeweiligen Investitionszeitpunkt. Es ergeben sich zum Teil deutliche Veränderungen gegenüber Prognos (2000), das für weite Teile der Annahmen als Vorlage diente, insbesondere hinsichtlich der Möglichkeiten einzelner Technologien bzw. Technologiegruppen, sich in einem liberalisierten Umfeld als attraktive Erzeugungsoption behaupten zu können. Details über die Entwicklung der Kraftwerkskapazitäten sind der Tabelle 4-13 zu entnehmen. Danach erhöhen sich die Kapazitäten von rund 115 GW im Jahr 1998 über knapp 120 GW im Jahr 2030 auf etwa 128 GW im Jahr 2050. Die installierte Leistung der Windkraftanlagen nimmt von 1998 bis 2050 immerhin um fast 25 GW zu. Deutlich gesteigert wird auch die Leistung der KWK-Anlagen. Demgegenüber geht die Kapazität der Kernkraftwerke vereinbarungsgemäß nach 2020 vollständig vom Netz, und die Heizölkraftwerke werden ebenfalls stillgelegt. Kohlekraftwerke werden zugebaut.

(492) Auf der Basis der neu zugebauten Kraftwerke und unter Nutzung der zu den jeweiligen Zeitschritten noch vorhandenen Altkapazitäten ergibt sich zusammen mit der jeweiligen Auslastung der Stromerzeugungskapazitäten die in Tabelle 4-14 und Abbildung 4-4 dargestellte Entwicklung der Nettostromerzeugung im Referenzszenario in Deutschland. Insgesamt steigt die Nettostromerzeugung von rund 532 TWh im Jahr 2000 über 557 TWh im Jahr 2010 zunächst auf knapp 570 TWh im Jahr 2020. Danach sinkt sie entsprechend der rückläufigen Stromnachfrage bis auf etwa 555 TWh im Jahr 2050. Gemäß der Szenariokonstruktion ist die Kernenergie bis 2020 noch mit einem beachtlichen Umfang an der Stromerzeugung beteiligt. Ihr Beitrag beläuft sich im Jahr 2010 noch auf rund 26 % und im Jahr 2020 auf fast 14 %. Nach 2010 übertrifft aber die Stromerzeugung aus Steinkohle und aus Braunkohle den Beitrag der Kernenergie schon deutlich. Im Jahr 2050 tragen die Steinkohlen- und Braunkohlenkraftwerke jeweils rund 31 % zur gesamten Nettostromerzeugung bei; Erdgaskraftwerke folgen mit knapp 14 % an dritter Stelle.

(493) Entsprechend den Vorgaben der Enquete-Kommission soll der Beitrag der erneuerbaren Energiequellen zur Nettostromerzeugung künftig auch unter Referenzbedingungen weitersteigen. Es ist ein Anteil der REG-Stromerzeugung (inkl. REG-Stromimport) an der Nettostromerzeugung von mindestens 8 % im Jahr 2010, mindestens 10 % im Jahr 2020, mindestens 15 % im Jahr 2030 und mindestens 20 % im Jahr 2050 vorgegeben worden. Zur Erfüllung dieser Quote verzeichnen im Jahr 2050 die (Onshore- und Offshore-)Windenergie mit 62,5 TWh, die Photovoltaik mit 9,1 TWh sowie die Biomassen mit 12,9 TWh den für die Erfüllung der Vorgaben notwendigen Zuwachs. Schließlich erhöht auch die Wasserkraft (Laufwasser, Speicher aus natürlichem Zufluss) ihren Beitrag noch von 17,3 TWh in 1998 auf 23,9 TWh in 2050. Sie nähert sich damit ihren Potenzialgrenzen weiter an, ist dann aber unter den erneuerbaren Energiequellen nach der Windenergie nur noch diejenige mit dem zweit-

Abbildung 4-4

Nettostromerzeugung nach Energieträgern im Referenzszenario in Deutschland

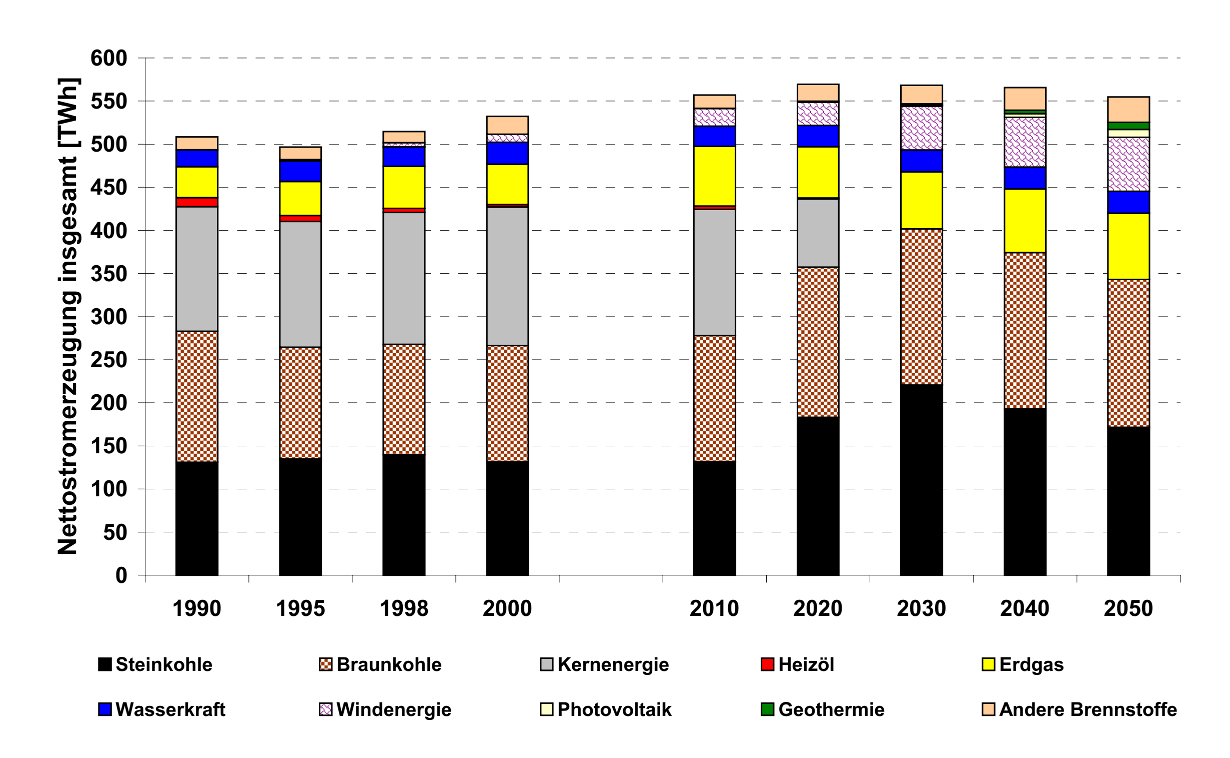


Tabelle 4-13

Kraftwerkskapazitäten (netto) im Referenzszenario in Deutschland

Angaben in GW	1990	1998	2010	2020	2030	2050
Steinkohle	31,2	30,7	24,1	29,6	35,1	26,3
Braunkohle	26,2	19,0	21,5	23,8	24,4	22,9
Heizöl	10,0	8,3	2,8	2,8	0,0	0,0
Erdgas	16,7	20,4	23,3	20,1	20,6	23,5
Kernenergie	24,1	22,3	19,7	10,6	0,0	0,0
Wasserkraft	8,6	8,9	10,3	10,3	10,3	10,3
Wind	0,0	2,9	12,4	14,7	22,7	27,5
Photovoltaik	0,0	0,0	0,2	0,8	1,5	9,6
Andere Brennstoffe	1,7	2,9	3,4	4,5	5,0	8,0
Summe	**118,5**	**115,3**	**117,6**	**117,1**	**119,6**	**128,1**
davon in Kraft-Wärme-Kopplung	k. A.	k. A.	27,3	28,2	31,0	36,6

Tabelle 4-14

Nettostromerzeugung im Referenzszenario in Deutschland nach Einsatzenergieträgern

	1990	1998	2000	2010	2020	2030	2040	2050
	Nettostromerzeugung in Mrd. kWh							
Steinkohle	130,9	140,0	131,5	131,6	183,1	220,5	192,9	171,5
Braunkohle	152,1	127,8	135,0	146,3	174,3	181,2	181,5	171,7
Kernenergie	144,6	153,0	160,6	146,5	79,0	0,0	0,0	0,0
Heizöl	10,5	4,7	2,9	3,8	1,1	0,0	0,0	0,0
Erdgas	35,9	48,8	46,8	69,2	59,6	66,2	73,6	76,7
Wasserkraft	19,5	22,6	25,5	23,4	24,8	25,3	25,5	25,5
Windenergie	0,1	4,7	9,2	20,7	26,8	50,8	57,7	62,5
Photovoltaik	0,0	0,0	0,0	0,2	0,7	1,4	4,3	9,1
Geothermie	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	1,4	3,9	8,3
Andere Brennstoffe	14,8	13,1	20,8	15,3	19,7	21,6	26,3	29,5
Summe	**508,4**	**514,7**	**532,3**	**557,0**	**569,5**	**568,4**	**565,6**	**554,7**
dar.: regenerative Energien	23,8	22,9	31,0	46,1	59,0	87,4	100,2	116,6
	Struktur der Nettostromerzeugung in %							
Steinkohle	25,8	27,2	24,7	23,6	32,1	38,8	34,1	30,9
Braunkohle	29,9	24,8	25,4	26,3	30,6	31,9	32,1	31,0
Kernenergie	28,4	29,7	30,2	26,3	13,9	0,0	0,0	0,0
Heizöl	2,1	0,9	0,5	0,7	0,2	0,0	0,0	0,0
Erdgas	7,1	9,5	8,8	12,4	10,5	11,6	13,0	13,8
Wasserkraft	3,8	4,4	4,8	4,2	4,4	4,5	4,5	4,6
Windenergie	0,0	0,9	1,7	3,7	4,7	8,9	10,2	11,3
Photovoltaik	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,8	1,6
Geothermie	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,7	1,5
Andere Brennstoffe	2,9	2,5	3,9	2,8	3,5	3,8	4,6	5,3
Summe	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**
dar.: regenerative Energien	4,7	4,5	5,8	8,3	10,4	15,4	17,7	21,0

Quelle: BMWi, AG EB

Ergebnisse des Referenzszenarios

größten Anteil an der Nettostromerzeugung. Im Laufe des Betrachtungszeitraumes steht mit der Stromerzeugung aus Geothermie eine Option mit im Zeitablauf stark sinkenden Investitionskosten und damit rückläufigen Stromgestehungskosten zur Verfügung. Im Ergebnis beträgt die Nettostromerzeugung auf Basis der Geothermie im Jahr 2050 etwa 8,3 TWh nach 1,4 TWh im Jahr 2030. Insgesamt tragen die regenerativen Energien im Referenzszenario im Jahr 2050 mit 21 % zur gesamten Nettostromerzeugung in Deutschland bei. Um zwischenzeitlich die vorgegebene REG-Quote an der Stromerzeugung einzuhalten, muss nach den Szenariorechnungen in den Jahren 2020 (2,3 TWh) und 2030 (2,7 TWh) Regenerativstrom (Windenergie) aus den Nachbarländern importiert werden. Mit der Ausweitung der geothermischen Stromerzeugung wird bis 2050 der REG-Stromimport wieder auf 0 TWh zurückgeführt.

(494) Auch für die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) wurden im Referenzszenario Vorgaben gemacht. Die entsprechenden Mindestanteile betragen 10 % im Jahr 2010, 15 % im Jahr 2020 und 20 % im Jahr 2050. Da gleichzeitig angenommen wird, dass aufgrund der neuen KWK-Gesetzgebung in den nächsten Jahren ein Umbau und Ausbau bei der Kraft-Wärme-Kopplung stattfinden wird, ergibt sich, dass die vorgegebene Quote im Jahr 2010 mit 14,3 % mehr als erfüllt wird, während in den Folgejahren der Mindestanteil eine entscheidende Voraussetzung zum weiteren Ausbau der KWK-Stromerzeugung darstellt. Hinsichtlich der Erzeugungsstruktur findet dabei zunehmend eine Verschiebung hin zum Erdgas sowie in stärkerem Ausmaß zu den erneuerbaren Energieträgern (insb. Biomasse) statt.

(495) Der sich aus der Entwicklung des Endenergieverbrauchs, der Strombereitstellung und des Verbrauchs im übrigen Umwandlungsbereich ergebende Primärenergieverbrauch in Deutschland ist für das Referenzszenario in Tabelle 4-15 und Abbildung 4-5 dargestellt. Im Jahr 2000 belief sich der Primärenergieverbrauch in Deutschland auf 14 180 PJ (483,8 Mio. t SKE). Im Referenzszenario kommt es nach 2010 aufgrund der Energieeffizienzverbesserungen auf der Nachfrageseite, bei der Stromerzeugung und bei den übrigen Umwandlungssektoren sowie der rückläufigen

Tabelle 4-15

Primärenergieverbrauch im Referenzszenario in Deutschland

	1990	1995	1998	2000	2010	2020	2030	2040	2050
Primärenergieverbrauch nach Energieträgern in PJ[1]									
Steinkohle	2 306	2 060	2 059	1 920	1 691	1 860	2 035	1 767	1 559
Braunkohle	3 201	1 734	1 514	1 547	1 476	1 470	1 438	1 438	1 438
Kernenergie	1 668	1 682	1 762	1 849	1 691	912	0	0	0
Mineralöle	5 238	5 689	5 775	5 478	5 495	5 206	4 876	4 368	3 799
Naturgase	2 316	2 826	3 048	3 025	3 321	3 450	3 492	3 447	3 376
Importsaldo Strom	3	17	0	9	0	8	10	2	0
Wasserkraft	58	77	63	73	84	89	91	92	92
Windenergie	0	6	17	33	74	96	183	208	225
Biomasse, Müll	126	169	271	233	432	472	511	542	574
Solar, Umgebung	0	9	12	13	33	57	90	168	310
Summe	**14 916**	**14 269**	**14 521**	**14 180**	**14 298**	**13 621**	**12 725**	**12 030**	**11 372**
Primärenergieverbrauch nach Energieträgern in %									
Steinkohle	15,5	14,4	14,2	13,5	11,8	13,7	16,0	14,7	13,7
Braunkohle	21,5	12,2	10,4	10,9	10,3	10,8	11,3	12,0	12,6
Kernenergie	11,2	11,8	12,1	13,0	11,8	6,7	0,0	0,0	0,0
Mineralöle	35,1	39,9	39,8	38,6	38,4	38,2	38,3	36,3	33,4
Naturgase	15,5	19,8	21,0	21,3	23,2	25,3	27,4	28,7	29,7
Importsaldo Strom	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0
Wasserkraft	0,4	0,5	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8
Windenergie	0,0	0,0	0,1	0,2	0,5	0,7	1,4	1,7	2,0
Biomasse, Müll	0,8	1,2	1,9	1,6	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
Solar, Umgebung	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,4	0,7	1,4	2,7
Summe	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

[1] Wirkungsgradmethode

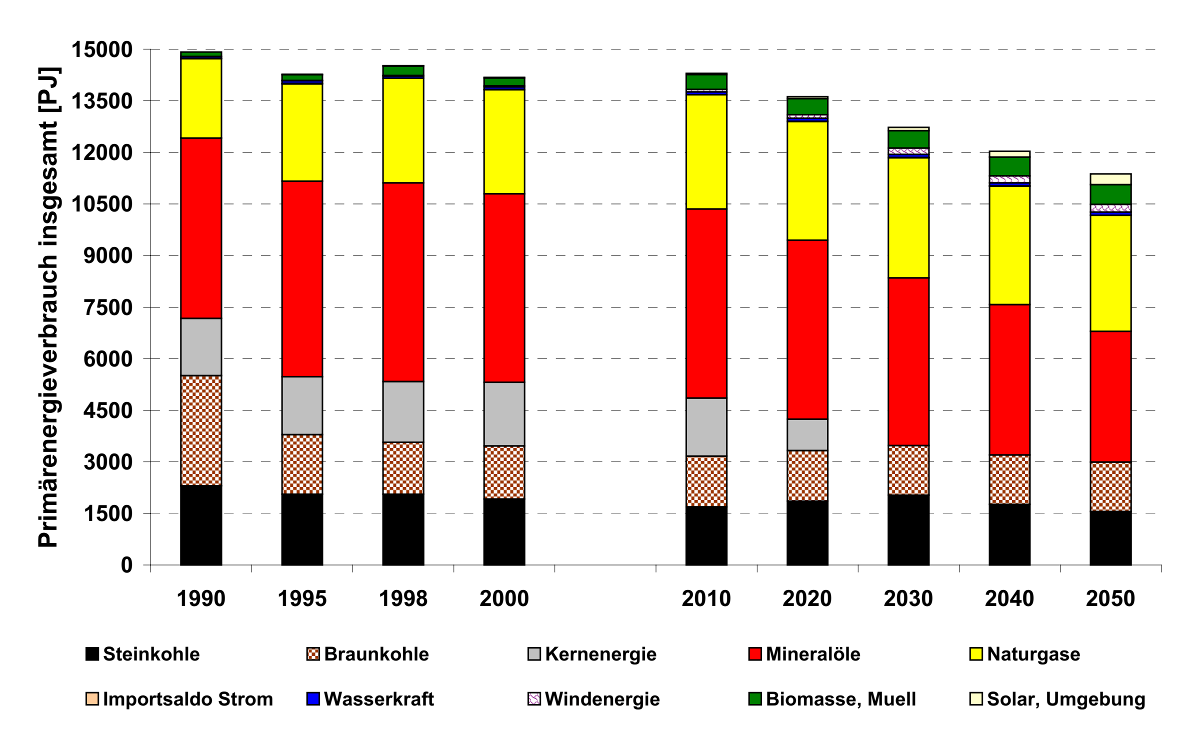
Quelle: AG Energiebilanzen

Modellergebnisse

Abbildung 4-5



Primärenergieverbrauch nach Energieträgern im Referenzszenario in Deutschland



Bevölkerung zu einem deutlich sinkenden Primärenergieverbrauch bis auf etwa 11 370 PJ im Jahr 2050. Damit ist der Primärenergieverbrauch zuletzt um rund 20 % niedriger als im Jahr 2000. Die im Vergleich zur Entwicklung des Endenergieverbrauchs stärkere Reduktion des Primärenergieverbrauchs ist zum Teil auch mit der primärenergetischen Bewertung der einzelnen Energieträger auf der Basis der Wirkungsgradmethode verbunden.

(496) Der Primärenergieverbrauch in Deutschland beruhte im Jahr 2000 zu fast 39 % auf Mineralöl, zu 24,4 % auf Kohlen (davon rund 55 % Steinkohle), zu 21,3 % auf Naturgasen, zu 13,0 % auf Kernenergie und zu 2,4 % auf erneuerbaren Energiequellen (Wasserkraft, Holz, Müll, Klärgas usw.). Die Beiträge der einzelnen Energieträger zum Primärenergieverbrauch entwickeln sich im Referenzszenario sehr unterschiedlich. Die Kohlen, Gase und erneuerbaren Energiequellen gewinnen vor allem durch die Veränderungen im Strombereich an Bedeutung, die Entwicklung beim Mineralöl wird dagegen hauptsächlich vom Verkehrssektor bestimmt. Gleichwohl wird das Mineralöl aber auch noch im Jahr 2050 mit einem Anteil von rund einem Drittel der wichtigste Primärenergieträger bleiben, gefolgt von den Naturgasen mit knapp 30 % und den Kohlen mit gut 26 %. Zusammengenommen wird sich der Beitrag der erneuerbaren Energiequellen bis 2050 auf reichlich ein Zehntel erhöhen.

4.2.6 Emissionen und andere Nachhaltigkeitsindikatoren

(497) Die Ergebnisse des Referenzszenarios sind charakterisiert durch einen bis zur Mitte des Jahrhunderts mehr oder weniger ausgeprägten Rückgang sowohl des Energieverbrauchs als auch der Emissionen (vgl. Tabelle 4-17 und Tabelle 4-18). So wird der Primärenergieverbrauch – je nach Bewertungsmethode – im Jahr 2050 um 20 bis 24 % niedriger sein als 1990; bei den CO_2-Emissionen wie bei den Treibhausgasemissionen insgesamt kommt es zu einer Reduktion um größenordnungsmäßig jeweils 30 % und bei den übrigen der erfassten Schadstoffemissionen sind sogar – wie bei den NMVOC- und Staub-Emissionen – Rückgänge um mehr als 90 % zu verzeichnen. Stark rückläufig werden außerdem die Emissionen von CH_4 (– 87 %), CO und SO_2 (jeweils – 85 %) sowie NO_x (– 60 %) sein. Dagegen fällt die Minderung bei den N_2O-Emissionen mit 14 % vergleichsweise schwach aus.

(498) Sektoral differenziert ergibt sich für die Veränderungen der CO_2- sowie der Treibhausgasemissionen insgesamt das folgende Bild (vgl. Tabelle 4-16): In beiden Fällen ist die relative Emissionsminderung in der Periode von 1990 bis 2050 besonders stark in der Industrie (– 48 %) sowie in dem zusammengefassten Bereich Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (– 36 bzw. 37 %). Am schwächsten ist der Rückgang im Verkehr, dessen Emissionen das 1990er-Niveau bis zum Jahr 2030 sogar noch spürbar überschreiten.

Tabelle 4-16

Entwicklung der CO_2- und Treibhausgasemissionen im Referenzszenario in Deutschland

	1990	1995	1998	2010	2020	2030	2050
Energiebedingte CO_2-Emissionen	**Mio. t**						
Energiegewinnung, -umwandlung	440,5	379,4	367,5	337,6	355,9	367,4	339,3
Industrie	169,7	127,1	118,4	112,7	107,8	101,4	88,4
Haushalte, GHD	218,7	197,5	198,6	186,0	184,9	176,8	139,8
Verkehr	158,0	172,6	176,7	188,3	181,0	170,3	133,4
Summe	**986,8**	**876,5**	**861,1**	**824,6**	**829,6**	**815,9**	**700,8**
	1990 = 100						
Energiegewinnung, -umwandlung	100	86	83	77	81	83	77
Industrie	100	75	70	66	64	60	52
Haushalte, GHD	100	90	91	85	85	81	64
Verkehr	100	109	112	119	115	108	84
Summe	100	89	87	84	84	83	71
Energiebedingte THG-Emissionen[1]	**Mio. t CO_2-Äquivalente**						
Energiegewinnung, -umwandlung	477,8	408,6	395,7	360,7	375,1	378,1	348,3
Industrie	171,8	128,5	119,9	113,9	109,0	102,7	89,6
Haushalte, GHD	223,4	200,4	201,3	188,1	187,0	178,8	141,4
Verkehr	162,5	178,8	182,8	192,6	184,9	173,9	136,2
Summe	**1 035,6**	**916,3**	**899,6**	**855,3**	**856,0**	**833,5**	**715,5**
	1990 = 100						
Energiegewinnung, -umwandlung	100	86	83	75	78	79	73
Industrie	100	75	70	66	63	60	52
Haushalte, GHD	100	90	90	84	84	80	63
Verkehr	100	110	113	119	114	107	84
Summe	**100**	**88**	**87**	**83**	**83**	**80**	**69**

[1] THG = Treibhausgasemissionen

Quelle: Umweltbundesamt Ergebnisse des Referenzszenarios

(499) Gemessen an den absoluten Emissionsreduktionen von 1990 bis 2050 fallen vor allem die Veränderungen im Sektor Energiegewinnung und -umwandlung ins Gewicht, der am Rückgang beispielsweise der Treibhausgasemissionen von rund 320 Mio. t CO_2-Äquivalent mit 130 Mio. t oder rd. 40 % beteiligt ist. Es folgen die Industrie sowie der zusammengefasste Bereich Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen mit jeweils rund 82 Mio. t oder reichlich einem Viertel. Der Beitrag des Verkehrssektors beträgt demgegenüber lediglich 26 Mio. t oder gut 8 %. Die sektoralen Relationen verändern sich allerdings, wenn man als Bezugsjahr nicht 1990 sondern 1998 wählt. Auf 1998 bezogen leistet der zusammengefasste Bereich Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen bis zum Jahr 2050 den größten Treibhausgasminderungsbeitrag mit 60 Mio. t CO_2-Äquivalent oder rd. einem Drittel. Es folgen die Sektoren Energiegewinnung und -umwandlung sowie Verkehr mit jeweils rd. 47 Mio. t oder etwa einem Viertel und schließlich die Industrie mit 30 Mio. t oder gut 16 %.

(500) Vor dem Hintergrund der insbesondere nach 2030 stark sinkenden Einwohnerzahl gehen die Pro-Kopf-Emissionen nur abgeschwächt zurück: So betragen die CO_2-Emissionen bzw. THG-Emissionen pro Einwohner im Jahr 2050 rund 10,3 t bzw. 10,6 t; gegenüber 1990 bedeutet das zwar eine Minderung um 17 % bzw. 19 %, im Vergleich zu 1998 sind es aber lediglich 2 bzw. 4 % weniger. Gemessen an der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung kommt es dagegen zu einer beträchtlichen Emissionsreduktion. So sinkt die gesamtwirtschaftliche Emissionsintensität (Emissionen je Einheit Bruttoinlandsprodukt) von 1990 bis 2050 beim CO_2 jahresdurchschnittlich um 1,9 % und bei den Treibhausgasemissionen insgesamt um 2,0 %. Im Vergleich zu dem Rückgang im Mittel der Neunzigerjahre (jeweils –3,1 % p. a.) verlangsamt sich damit der Emissionsrückgang deutlich.

(501) Ähnlich wie die Pro-Kopf-Werte bei den Emissionen geht auch der Primärenergieverbrauch je Einwohner innerhalb des Betrachtungszeitraumes kaum zurück. Umgekehrt ergibt sich eine recht deutliche Verbesserung der Energieeffizienz (Bruttoinlandsprodukt je Einheit Primärenergieverbrauch): Je nach Bewertung der Primärenergieträger wird mit einer jahresdurchschnittlichen Steigerung

Tabelle 4-17

Indikatoren für die Entwicklung von Energieverbrauch und Emissionen im Referenzszenario in Deutschland: absolute Werte

	Einheit	1990	1998	2010	2020	2030	2050
Primärenergieverbrauch (WM)	PJ	14 916	14 521	14 284	13 602	12 704	11 351
Primärenergieverbrauch (SP)	PJ	14 796	14 406	14 287	13 764	13 138	11 881
Endenergieverbrauch	PJ	9 441	9 444	9 705	9 641	9 362	8 208
CO_2-Emissionen	Mio. t	986,8	861,1	824,6	829,6	815,9	700,8
THG-Emissionen	Mio. t	1 035,6	899,6	855,3	856,0	833,5	715,5
CH_4-Emissionen	kt	1775	1243	887	685	270	227
N_2O-Emissionen	kt	37	40	39	39	38	32
NO_x-Emissionen	kt	2678	1 767	1 552	1 361	1 279	1 080
CO-Emissionen	kt	10 537	4 836	2 510	2 272	2 109	1 630
NMVOC-Emissionen	kt	1 975	610	234	218	208	174
Staub-Emissionen	kt	1 310	129	173	145	91	79
SO_2-Emissionen	kt	5 264	1 239	876	789	806	776
NH_3-Emissionen	kt	k. A.	k. A.	5	5	5	4
PEV (WM) pro Kopf	GJ/EW	188	177	174	168	163	167
PEV (SP) pro Kopf	GJ/EW	187	176	174	170	169	175
BIP/PEV (WM)	$Euro_{95}$/GJ	112	129	166	206	251	341
BIP/PEV (SP)	$Euro_{95}$/GJ	113	130	166	203	243	326
PEV (WM)/BIP	MJ/$Euro_{95}$	8,92	7,74	6,04	4,86	3,98	2,93
PEV (SP)/BIP	MJ/$Euro_{95}$	8,84	7,68	6,04	4,92	4,12	3,07
Nutzungsgrad Stromerzeugung	$\%_{netto}$	33,8	35,5	40,3	46,1	53,1	55,7
Industrieprod./EEV Ind.	$Euro_{95}$/GJ	145	164	204	249	290	387
EEV GHD/Erwerbstätigem	GJ/Pers.	k. A.	41,98	40,34	40,60	43,75	46,91
EEV HH/m^2	MJ/m^2	859	881	761	692	641	559
EEV PV/Pkm	kJ/Pkm	k. A.	k. A.	142	123	107	83
EEV GV/tkm	kJ/tkm	k. A.	k. A.	1562	1403	1280	1080
Energieimportabhängigkeit (WM)	%	57	73	75	77	79	76
Wert der Netto-Energieimporte	Mrd. $Euro_{95}$	25,2	k. A.	28,1	34,1	39,8	44,6
Netto-Energieimporte (WM)/BIP	%	1,51	k. A.	1,19	1,22	1,25	1,15
THG/BIP	g/$TEuro_{95}$	619,0	479,4	361,4	306,0	261,3	184,8
THG/Kopf	t/EW	13,1	11,0	10,4	10,6	10,7	10,6
THG/PEV (WM)	t/GJ	69,4	62,0	59,9	62,9	65,6	63,0
THG/PEV (WM)	t/GJ	70,0	62,4	59,9	62,2	63,4	60,2
CO_2/BIP	g/$TEuro_{95}$	589,9	458,9	348,4	296,6	255,8	181,0
CO_2/Kopf	t/EW	12,4	10,5	10,0	10,3	10,5	10,3
CO_2/PEV (WM)	t/GJ	66,2	59,3	57,7	61,0	64,2	61,7
CO_2/PEV (SP)	t/GJ	66,7	59,8	57,7	60,3	62,1	59,0

Erläuterungen: PEV = Primärenergieverbrauch, WM = Wirkungsgradmethode, SP = Substitutionsansatz, THG = Treibhausgasemissionen, EEV = Endenergieverbrauch

der Energieeffizienz von 1,8 bis 1,9 % im Zeitraum von 1998 bis 2050 gerechnet – von 1990 bis 1998 waren es 1,8 %. Mit einer mittleren Rate von 1,7 % von 1998 bis 2050 fällt die Erhöhung der Energieeffizienz in der Industrie zwar schwächer aus als in der Gesamtwirtschaft, doch bedeutet dies gegenüber der Entwicklung von 1990 bis 1998 (1,5 %/a) eine leichte Verbesserung. Auffällig ist, dass der spezifische Energieverbrauch im Haushaltsbereich in Zukunft deutlich – um fast 37 % von 1998 bis 2050 – sinkt, während er in den Neunzigerjahren noch um 3 % gestiegen war.

Tabelle 4-18

Indikatoren für die Entwicklung von Energieverbrauch und Emissionen im Referenzszenario in Deutschland: 1990 = 100

1990 = 100	1990	1998	2010	2020	2030	2050
Primärenergieverbrauch (WM)	100	97	96	91	85	76
Primärenergieverbrauch (SP)	100	97	97	93	89	80
Endenergieverbrauch	100	100	103	102	99	87
CO_2-Emissionen	100	87	84	84	83	71
THG-Emissionen	100	87	83	83	80	69
CH_4-Emissionen	100	70	50	39	15	13
N_2O-Emissionen	100	108	105	105	104	86
NO_x-Emissionen	100	66	58	51	48	40
CO-Emissionen	100	46	24	22	20	15
NMVOC-Emissionen	100	31	12	11	11	9
Staub-Emissionen	100	10	13	11	7	6
SO_2-Emissionen	100	24	17	15	15	15
PEV (WM) pro Kopf	100	94	92	89	87	89
PEV (SP) pro Kopf	100	94	93	91	90	94
BIP/PEV (WM)	100	115	148	183	224	304
BIP/PEV (SP)	100	115	146	180	215	288
PEV (WM)/BIP	100	87	68	55	45	33
PEV (SP)/BIP	100	87	68	56	47	35
Nutzungsgrad Stromerzeugung	100	105	119	136	157	165
Industrieprod./EEV Ind.	100	113	141	172	200	266
EEV HH/m^2	100	103	89	81	75	65
Energieimportabhängigkeit (WM)	100	128	132	134	138	133
Wert der Netto-Energieimporte	100	k. A.	111	135	158	177
Netto-Energieimporte (WM)/BIP	100	k. A.	79	81	83	76
THG/BIP	100	77	58	49	42	30
THG/Kopf	100	84	80	81	82	81
THG/PEV (WM)	100	89	86	91	94	91
THG/PEV (WM)	100	89	86	89	91	86
CO_2/BIP	100	78	59	50	43	31
CO_2/Kopf	100	84	81	83	84	83
CO_2/PEV (WM)	100	90	87	92	97	93
CO_2/PEV (SP)	100	90	87	90	93	88

Erläuterungen: PEV = Primärenergieverbrauch, WM = Wirkungsgradmethode, SP = Substitutionsansatz, THG = Treibhausgasemissionen, EEV = Endenergieverbrauch

(502) Markant ist auch die Verbesserung der Nutzungsgrade im Bereich der Stromerzeugung: Betrug der durchschnittliche Nutzungsgrad der Nettostromerzeugung im Jahr 1998 lediglich 35,5 %, so wird für die Mitte des Jahrhunderts mit einem um 20 Prozentpunkte auf fast 56 % erhöhten Nutzungsgrad gerechnet. Dieser starke Anstieg ist auch darauf zurückzuführen, dass bei den erneuerbaren Energiequellen Wind, PV und Wasser nach vorherrschender internationaler Konvention mit einem Nutzungsgrad von 100 % gerechnet wird. Da der Anteil dieser Energiequellen an der Stromerzeugung deutlich zunimmt, wirkt sich dies unmittelbar auf den durchschnittlichen Nutzungsgrad der Stromerzeugung insgesamt aus. Außerdem wird bei den fossil gefeuerten Kraftwerken mit einer im Zeitablauf erheblichen Verbesserung der Nutzungsgrade gerechnet: Bei den Steinkohlenkraftwerken von 37 % (1998) auf knapp 52 % (2050), bei den Braunkohlenkraftwerken von 34 % auf 51 % und bei den Erdgaskraftwerken von 45 % auf 59 %.

(503) Im Vergleich zu 1998 ergeben sich für das Referenzszenario leichte Veränderungen bei der Importabhängigkeit der Energieversorgung; die Importquote nimmt von rund 73 % im Jahr 1998 zunächst bis auf 79 % im Jahr 2030 zu, fällt dann aber wieder bis auf 76 % zur Mitte des Jahrhunderts. Der Wert der Netto-Energieimporte, der 1990 noch bei fast 50 Mrd. DM oder 25 Mrd. Euro (95er Preise) gelegen hatte, steigt um nahezu 80 % bis auf rd. 87 Mrd. DM oder knapp 45 Mrd. Euro im Jahr 2050. Gemessen am Bruttoinlandsprodukt bedeutet dies gegenüber 1990 allerdings einen Rückgang: Entsprach der Wert der Netto-Energieimporte im Jahr 1990 noch einem Anteil von 1,51 %, so sind es nach den Ergebnissen des Referenzszenarios im Jahr 2050 nur noch 1,15 %.

(504) Die über das gesamte Energie- und Verkehrssystem bilanzierten Kosten (Investitionen, Betriebskosten, Brennstoffe) belaufen sich im Referenzszenario im Zeitraum von 1990 bis 2050 (ohne Berücksichtigung externer Kosten) kumuliert und abdiskontiert auf 2000 auf 10 043 Mrd. Euro (in 98er Preisen). Ohne Abdiskontierung der laufenden Kosten betragen die kumulierten Kosten 19 198 Mrd. Euro. Im Jahresdurchschnitt machen die nicht-abdiskontierten Werte rd. 320 Mrd. Euro aus, die für die Befriedigung des Energiedienstleistungsbedarfes in Deutschland unter den Bedingungen des Referenzszenarios aufgebracht werden müssen. Gemessen am mittleren Bruttoinlandsprodukt im Zeitraum von 1990 bis 2050 sind das schätzungsweise etwa 11 %.

4.2.7 Bewertung des Referenzszenarios

(505) Das Referenzszenario beschreibt eine Entwicklung, die im Grundsatz gekennzeichnet ist von einer Fortschreibung der bisherigen Verhaltensweisen von Wirtschaft, Politik und Verbraucher. Es bedeutet keine politische Abstinenz, aber auch keine explizit auf die Verwirklichung einer nachhaltigen Energieversorgung gerichtete Strategie. Dabei werden die Ergebnisse – neben den von der Enquete-Kommission gesetzten Vorgaben – entscheidend von den Annahmen über die künftige demographische und ökonomische Entwicklung geprägt. Beide Faktoren wirken sich allerdings gegensätzlich aus: Während von der unterstellten, zuletzt stark rückläufigen Entwicklung der Bevölkerung erhebliche verbrauchssenkende Tendenzen insbesondere im Haushaltsbereich sowie im Verkehrssektor ausgehen, wirkt sich umgekehrt die Annahme eines durchgängig sehr expansiven gesamtwirtschaftlichen Wachstums verbrauchssteigernd aus.

(506) Die Enquete-Kommission hat die beiden Grundannahmen – starker Bevölkerungsrückgang auf der einen, kräftige gesamtwirtschaftliche Expansion auf der anderen Seite – kritisch diskutiert. So wird darauf hingewiesen, dass sich nicht zuletzt angesichts offener Grenzen und der vermutlich zunehmenden Erweiterung der Europäischen Union andere Wanderungsbewegungen herausbilden könnten, die einer derart stark sinkenden Einwohnerzahl entgegenstehen würden. Auch wird bezweifelt, dass sich bei einer solchen rückläufigen Bevölkerungsentwicklung ein Wirtschaftswachstum in der angenommenen Größenordnung herausbilden würde. Immerhin würde ein Pro-Kopf-Wirtschaftswachstum realisiert werden, das historisch noch keine Parallele gefunden hat. Ungeachtet dieser kritischen Erwägungen hat die Kommission aber darauf verzichtet, die Studiennehmer um eine Revision ihrer Grundannahmen zu bitten. Dafür sprachen nicht nur zeitliche Gründe, sondern auch die Überlegung, dass es sich bei dem Referenzszenario nicht in erster Linie um die Prognose der wahrscheinlichsten Entwicklung handeln solle, sondern vor allem um die Darstellung einer Referenz für die Zielszenarien. Gleichwohl bleibt festzuhalten, dass unter dem Aspekt des wirtschaftlichen Wohlstandes das Referenzszenario (wie von diesen Annahmen her auch die Zielszenarien) ein sehr optimistisches Bild zeichnet. Allerdings sind die externen Kosten des Wirtschaftens ebenso wie die der damit verbundenen Energieversorgung im Referenzszenario bei dieser Betrachtung nicht berücksichtigt.

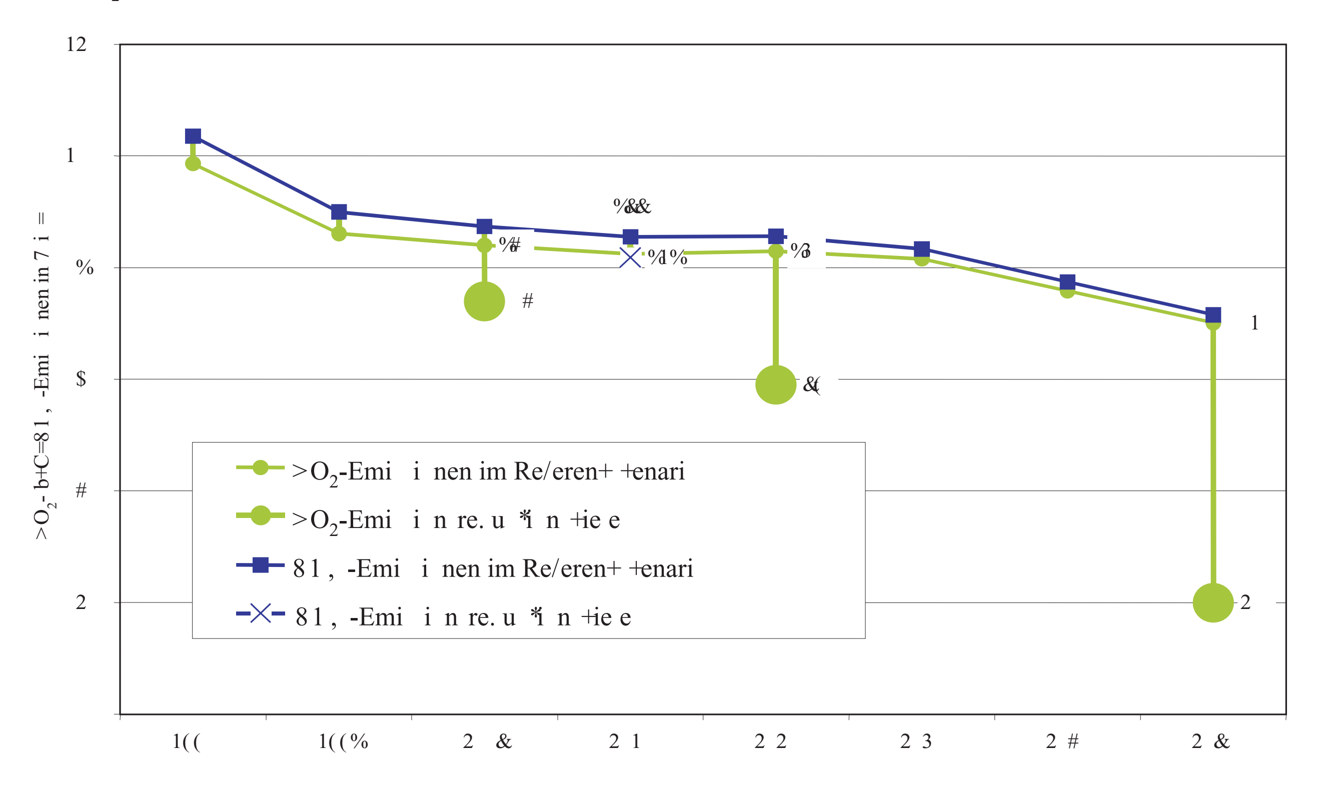
(507) Unabhängig von der Diskussion der Rahmendaten sowie der sonstigen Vorgaben ist festzustellen, dass das Referenzszenario zu dem Ergebnis einer zunehmend effizienteren Energieverwendung und Energiebereitstellung kommt. Dies ist nicht nur mit den strukturellen Veränderungen zugunsten von weniger energieintensiven Bereichen zu erklären, sondern auch damit, dass in nahezu allen Segmenten mit stark rückläufigen spezifischen Verbrauchswerten, also mit Verbesserungen der Energieeffizienz gerechnet worden ist, die das aus der Vergangenheit bekannte Ausmaß teilweise deutlich übertreffen (vgl. dazu die im vorangegangenen Abschnitt angesprochenen Beispiele). Insgesamt erscheint dadurch die im Referenzszenario aufgezeigte Entwicklung als eher optimistisch im Sinne einer nachhaltigen Energieversorgung. Wie weit zu diesem Ergebnis auch die Eigenschaften des verwendeten Szenariomodells beigetragen haben, sei dahin gestellt. Immerhin dürfte das genutzte Kostenoptimierungsmodell kaum die in der Realität vorhandenen Hemmnisse kennen, so dass eher ein Idealtypus denn die mögliche Realität beschrieben wird.

(508) Ungeachtet aller Effizienzverbesserungen wird das Referenzszenario von der Dominanz der fossilen Energieträger geprägt, deren Anteil am Primärenergieverbrauch von gut 84 % im Jahr 2000 bis 2030 auf rund 93 % steigt und danach bis 2050 auf etwas unter 90 % abnimmt. Eine Ablösung der fossilen Energieträger ist im Referenzszenario also nicht abzusehen – im Gegenteil. Damit hängt auch zusammen, dass die Abhängigkeit der deutschen Volkswirtschaft von Importenergien sowohl relativ als auch absolut sehr hoch bleibt. Unter dem Gesichtspunkt der Versorgungssicherheit und der Risikofreiheit kommt es daher im Referenzszenario eher zu einer Verschlechterung der Situation der Energieversorgung gegenüber der heutigen Ausgangssituation. Allerdings können schon in diesem Szenario zumindest die Risiken aus dem Betrieb der Kernkraftwerke mit deren Stillegung nach 2020 vermieden werden.

(509) Eng verbunden mit der versorgungsseitigen Dominanz der fossilen Energieträger ist die Entwicklung der Treibhausgasemissionen. Wie gezeigt worden ist, gehen die CO_2-Emissionen wie die Treibhausgasemissionen insgesamt künftig weiter zurück, doch werden sämtliche Emissionsreduktionsziele verfehlt (Abbildung 4-6). Das gilt für das nationale Ziel, die CO_2-Emissionen bis 2005 um 25 % gegenüber 1990 zu reduzieren, ebenso wie für

Abbildung 4-6

CO_2- und Treibhausgasemissionen im Referenzszenario in Deutschland sowie Emissionsreduktionsziele



die von der Enquete-Kommission für 2020 und 2050 genannten Ziele einer Emissionsminderung um 40 % bzw. 80 %. Im Jahr 2005 klafft zwischen der im Referenzszenario errechneten CO_2-Emission und dem Emissionsziel eine Lücke von rd. 100 Mio. t, die sich bis 2020 auf etwa 240 Mio. t und bis 2050 sogar auf rd. 500 Mio. t vergrößert.

(510) Vergleichsweise nahe am Ziel liegt das Referenzszenario lediglich bei der von Deutschland im Rahmen des europäischen „burden sharing" eingegangenen Verpflichtung, die Treibhausgasemissionen bis 2008/2010 um 21 % im Vergleich zu 1990 zu senken; von diesem Ziel ist das Referenzszenario für 2010 „lediglich" um 37 Mio. t oder um knapp 5 % entfernt.

(511) Insgesamt erfüllt der durch das Referenzszenario beschriebene Energiepfad die Nachhaltigkeitskriterien nicht. Neben der nach wie vor sehr hohen Beanspruchung der begrenzten Energieressourcen muss als die zentrale Verletzung der Nachhaltigkeitskriterien die dramatische Verfehlung der aus Klimaschutzgründen geforderten Emissionsreduktionsziele angesehen werden. Die Enquete-Kommission kommt vor diesem Hintergrund zu dem Ergebnis, dass eine Entwicklung entsprechend dem Referenzszenario wie schon die heutige Energieversorgung nicht nachhaltig ist und keine akzeptable Basis für die Zukunft darstellt.[2]

[2] Der nahezu seit 1998 gleichbleibend hohe Pro-Kopf-Verbrauch an Energie ist maßgeblich beteiligt an der dramatischen Verfehlung der Reduktionsziele für Treibhausgase und der Nachhaltigkeitskriterien.

(512) Das Ausmaß der Zielverfehlung macht auch den beträchtlichen energie- und umweltpolitischen Handlungsbedarf deutlich, mit dem es Politik, Wirtschaft und Verbraucher in den nächsten Jahrzehnten zu tun haben werden.

4.3 Potenziale und Optionen

4.3.1 Potenziale und Optionen im Sektor private Haushalte

4.3.1.1 Merkmale des Sektors und künftige Tendenzen

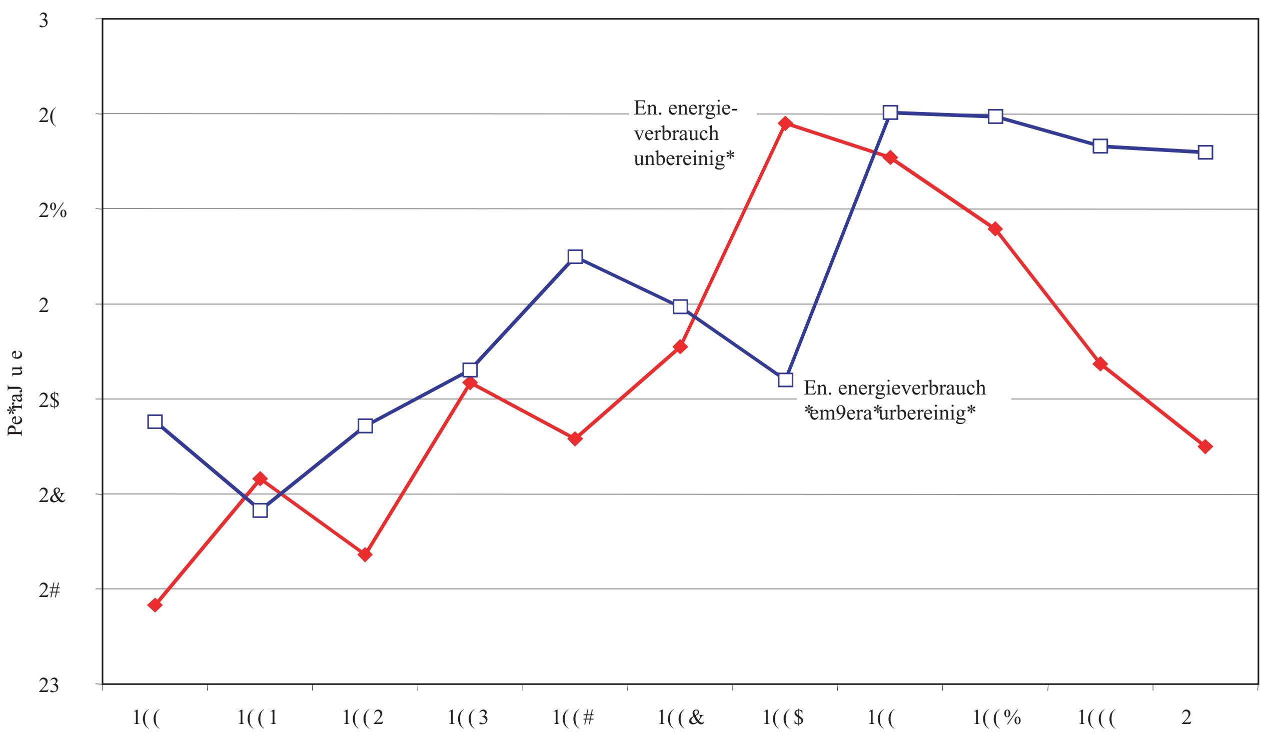
(513) Der Energieverbrauch im Sektor der privaten Haushalte, von dem in der Energiebilanz nur der stationäre, nicht aber der mobile (verkehrsbezogene) Verbrauch berücksichtigt wird, hat sich in den neunziger Jahren wechselhaft entwickelt: Zunächst kam es von 1990 bis 1996 zu einem ausgeprägten Verbrauchszuwachs von rund einem Fünftel, danach aber zu einem deutlichen Rückgang um knapp 12 %. Insgesamt war der Energieverbrauch im Jahre 2000 um rund 7 % höher als 1990.

(514) Anders stellt sich jedoch die Entwicklung der temperaturbereinigten Werte dar, die weitaus ausgeglichener als diejenige der unbereinigten Daten ausfiel. Danach war der Energieverbrauch der privaten Haushalte im Jahre 2000 gegenüber 1996 um 9 % und im Vergleich zu 1990 um 11 % höher (Abbildung 4-7).

(515) Gegenwärtig (2000) sind die privaten Haushalte mit 2 550 PJ oder fast 28 % am gesamten Endenergiever-

Abbildung 4-7

Endenergieverbrauch der privaten Haushalte in Deutschland von 1990 bis 2000



Quellen: AG Energiebilanzen, Deutscher Wetterdienst, DIW

brauch in Deutschland beteiligt; 1990 waren es mit knapp 2 400 PJ erst rund 25 %. Insgesamt rangierte der Sektor im Jahre 2000 an zweiter Stelle hinter dem Verkehr (rund 30 %), aber noch vor der Industrie (26,5 %).

(516) Die Energieträgerstruktur ist geprägt vom Einsatz der Gase (Erdgas) mit einem Anteil von 38 % (2000), vor den Mineralölprodukten (leichtes Heizöl) mit knapp 30 % (Tabelle 4-19). Deutlich dahinter folgen die elektrische Energie mit einem Anteil von 18,5 %, die Kohlen mit rund 8 % und die Fernwärme mit etwas mehr als 6 %. In den neunziger Jahren hat sich die Energieträgerstruktur erheblich gewandelt, wobei die Entwicklung im Wesentlichen zu Gunsten der Gase und der elektrischen Energie verlief, während vor allem die Kohlen, aber auch das Heizöl an Bedeutung verloren. Der Anteil der Fernwärme blieb im Großen und Ganzen unverändert.

(517) Nach Anwendungszwecken strukturiert (Abbildung 4-8) dominiert mit großem Abstand der Energieeinsatz für die Raumheizung mit rund 76 % (2000), gefolgt von der Warmwasserbereitung (11 %), der mechanischen Energie (7 %), der sonstigen Prozesswärme (4 %) und der Beleuchtung (2 %). Damit sind mehr als drei Viertel des Energieverbrauchs der privaten Haushalte von den Außentemperaturen abhängig. Teilweise erklärt dies auch die starken Verbrauchsschwankungen innerhalb der neunziger Jahre, vor allem ist der starke Ausschlag nach oben im Jahre 1996 nicht zuletzt eine Folge der damals im Jahresdurchschnitt besonders kalten Witterung.

(518) Anders als der sektorale Endenergieverbrauch waren die direkten CO_2-Emissionen bei den privaten Haushalten im Jahre 2000 niedriger als 1990. Dies ist vor allem auf die Veränderungen der Energieträgerstruktur in Richtung auf emissionsärmere Energieträger (vor allem Erdgas) sowie zu Gunsten der im Endenergiebereich emissionsfreien Energieträger (vor allem elektrische Energie) zurückzuführen. Im Jahre 2000 dürften die direkten CO_2-Emissionen knapp 114 Mio. t betragen haben; das waren etwa 15 Mio. t oder 11,5 % weniger als 1990; von 1990 bis 1996 waren die Emissionen dagegen noch um fast 11 % gestiegen. Gemessen an den gesamten energiebedingten CO_2-Emissionen belief sich der Anteil der privaten Haushalte im Jahre 2000 auf gut 13 %; 1990 waren es knapp 13 %, 1996 aber rund 15,5 %. Temperaturbereinigt waren die direkten CO_2-Emissionen gegenüber 1990 im Jahr 1996 um rund 7 % und im Jahr 2000 um knapp 8 % niedriger. In den Jahren von 1996 bis 2000 ist es demnach temperaturbereinigt nur noch zu einem geringfügigen Rückgang von unter einem Prozent gekommen.

(519) Nach den Ergebnissen des Referenzszenarios (vgl. Kapitel 4.1 und 4.2) dürfte der Endenergieverbrauch der privaten Haushalte wie dessen Anteil am gesamten Endenergieverbrauch bis 2020 zunächst noch spürbar steigen, dann aber mit der rückläufigen Bevölkerung bis 2050 deutlich sinken. Kohlen werden dann gar keine Rolle mehr spielen. Einen besonders starken Rückgang gibt es bei den Mineralölprodukten, aber auch bei der elektrischen Energie, während der Einsatz von Erdgas auch noch

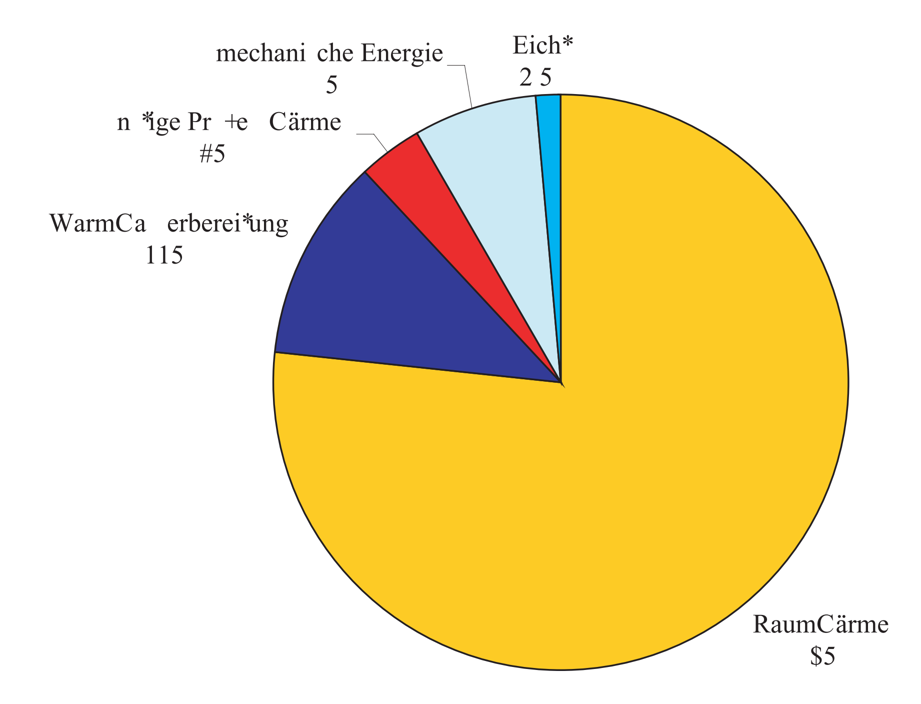
Tabelle 4-19

Merkmale des Sektors private Haushalte bezogen auf den Energieverbrauch und die CO_2-Emissionen: Ist-Entwicklung und Tendenzen unter Bedingungen des Referenzszenarios

	Einheit	1990	1995	2000	Zukünftige Tendenzen	
					2000/2020	2020/2050
Energieverbrauch	PJ	2 383	2 655	2 550	↗	↘
Anteil am gesamten Endenergieverbrauch	%	25,1	28,5	27,7	↗	↘
Energieträgerstruktur						
Kohlen	%	18	7,6	7,9	↘	↘
Mineralölprodukte	%	31	34	29,4	↘	↘
Gase	%	26,6	34,8	38	↗	↗
Strom	%	17,6	17,2	18,5	↘	↘
Fernwärme	%	6,8	6,4	6,2	↘	→
CO_2-Emissionen	Mio. t	128,4	129	113,7	↘	↘
Anteil an den energiebedingten CO_2-Emissionen insgesamt	%	13	14,7	13,7	↘	↘

Abbildung 4-8

Endenergieverbrauch im Sektor private Haushalte nach Anwendungszwecken im Jahre 2000



im Jahre 2050 höher ist als 2000. Erneuerbare Energiequellen spielen unter den Bedingungen des Referenzszzenarios auch langfristig in diesem Sektor keine wesentliche Rolle (Anteil am gesamten sektoralen Endenergieverbrauch im Jahre 2050 knapp 10 % gegenüber 6,5 % im Jahre 2000).

(520) Entsprechend der Entwicklung des Energieverbrauchs dürften die CO_2-Emissionen bis 2020 wieder deutlich zunehmen, und zwar um rund 17 %, dann aber kräftig zurückgehen. Im Jahre 2050 könnten sie gegenüber 2000 um etwa 15 % und im Vergleich zu 1990 um rund 22 % niedriger sein. Der Anteil der direkten CO_2-Emissionen der privaten Haushalte an den gesamten energiebedingten CO_2-Emissionen dürfte bis Mitte des Jahrhunderts geringfügig auf gut 13 % sinken.

4.3.1.2 Die Einsparpotenziale bei Wohngebäuden der Bundesrepublik Deutschland durch Verbesserung des Wärmeschutzes

(521) Da die Raumwärme mit rund drei Vierteln des Energieverbrauchs der Haushalte dominiert, ist die Ausschöpfung der Energieeinsparpotenziale in diesem Bereich besonders dringend. Dabei muss zwischen den Potenzialen im Gebäudebestand und denen im Neubau unterschieden werden. Zusätzliche Neubauten tragen immer zu einer Vergrößerung der CO_2-Emission bei, sofern es sich nicht um Nullenergiehäuser handelt. Eine Einsparung kann nur dann entstehen, wenn durch Neubauten schlecht gedämmte Gebäude ersetzt werden. Im Altbaubestand bedeutet die Sanierung immer eine Einsparung gegenüber dem vorherigen Energieverbrauchswert.

(522) Zur Einschätzung der Energiesparpotenziale durch Verbesserung des Wärmeschutzes ist eine Einordnung des Gebäudebestandes unter dem Gesichtspunkt des Heizenergiebedarfs notwendig.

4.3.1.2.1 Der Gebäudebestand in der Bundesrepublik Deutschland

(523) Umfassende Daten zum Gebäudebestand in der Bundesrepublik Deutschland nach der Wiedervereinigung wurden erstmals 1993 durch eine Stichprobenerhebung an einem Prozent des Gebäude- und Wohnungsbestandes erhoben. Neuere Daten lieferte eine mit dem Mikrozensus im Jahre 1998 durchgeführte wohnungsstatistische Zusatzerhebung.

(524) Schon in der allgemeinen Betrachtung wird ein deutlicher Unterschied der Wohnverhältnisse in der früheren Bundesrepublik Deutschland und den neuen Bundesländern erkennbar (Tabelle 4-20). Nicht nur die durchschnittliche Größe der Wohnungen – und damit einhergehend die Wohnfläche pro Kopf – sondern auch die Altersstruktur im Gebäudebestand ist stark unterschiedlich. So ist die pro Kopf verfügbare Wohnfläche in der früheren Bundesrepublik Deutschland (40,8 m^2) um 8 m^2, die durchschnittliche Wohnungsgröße mit 89,7 m^2 um etwa 16 m^2 höher als in den neuen Bundesländern.

Tabelle 4-20

Durchschnittliche Wohnfläche pro Person und Wohnungsgröße in der Bundesrepublik Deutschland

Gebiet	Durchschnittliche Wohnfläche je	
	Person	Wohnung
	m^2	
Alte Bundesländer	40,8	89,7
Neue Bundesländer	32,8	73,5
Deutschland gesamt	39,3	86,7

Quelle: Statistisches Bundesamt (Hrsg.) in Zusammenarbeit mit WZB und ZUMA[3]

(525) In der Altersstruktur der Gebäude (Tabelle 4-21) machen die vor 1948 errichteten Wohnungen in den neuen Bundesländern einen Anteil von ca. 46 % aus; der gesamtdeutsche Anteil liegt bei rund 29 %. Von den insgesamt etwa 36,5 Mio. Wohnungen in der Bundesrepublik Deutschland entfallen etwa 78 % auf Gebäude, die bis 1978 errichtet wurden.[4]

(526) Die Betrachtung der Entwicklung des Heizenergiebedarfs im Gebäudebestand der Bundesrepublik Deutschland zeigt, dass die vor 1978 errichteten Wohnbauten unter dem Gesichtspunkt des Wärmeschutzes als besonders problematisch anzusehen sind (Abbildung 4-9). Im Falle der neu errichteten Gebäude im Bereich der neuen Bundesländer trifft diese Aussage auch für die in der Folgezeit errichteten Wohnbauten zu.

(527) Aus den Daten des Endenergieverbrauches für Raumheizung im Jahr 1998 und der Gesamtfläche aller bewohnten Wohnungen in der Bundesrepublik Deutschland ergibt sich der spezifische Heizenergiebedarf des Gebäudebestandes zu ca. 195 kWh pro Quadratmeter und Jahr (Tabelle 4-22). Zum Vergleich: 1977 lag dieser Wert noch bei etwa 300 kWh pro Quadratmeter und Jahr.[5] Die Vereinigung der Deutschen Zentralheizungswirtschaft e. V. (VdZ) nennt für das Jahr 1989 eine Spanne von 220–270 kWh pro Quadratmeter und Jahr für den deutschen Wohngebäudebestand.

(528) Berücksichtigt man, dass der Anteil der Wohnungen in Gebäuden, die vor 1979 errichtet wurden, im Jahr 1998 noch gut 78 % ausmachte, so zeigt sich der enorme Fortschritt im Bereich des Wärmeschutzes bei Neubauten.

---

3 Statistisches Bundesamt u. a. (2000).

4 Statistisches Bundesamt u. a. (2000).

5 Heinloth (1997).

Tabelle 4-21

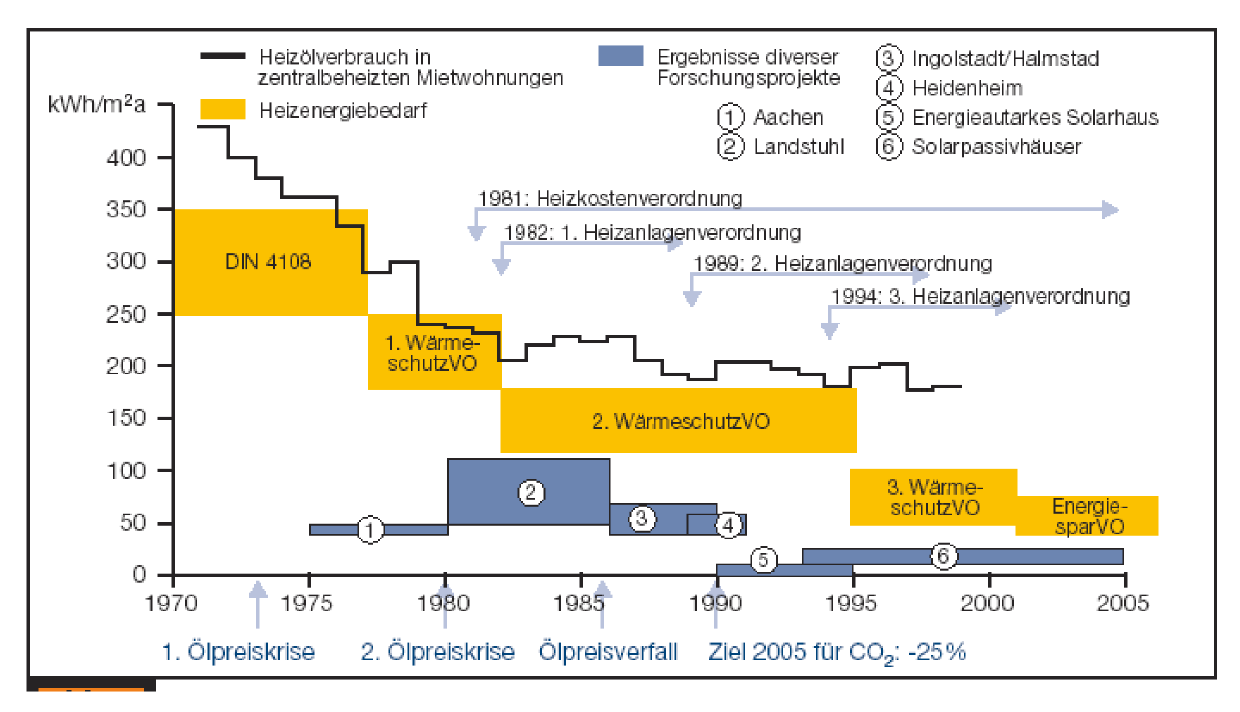
Anzahl der Wohnungen in der Bundesrepublik Deutschland und Zeitraum der Erbauung

Gebiet	Wohnungen insgesamt	Errichtet in der Zeit					
		bis 1948		1949–1978		1979 und später	
	1 000 Stk.	1 000 Stk.	%	1 000 Stk.	%	1 000 Stk.	%
Alte Bundesländer	29 257,40	7 394,10	25,3	15 702,40	53,7	6 160,80	21,1
Neue Bundesländer	7 290,50	3 339,00	45,8	2 017,20	27,7	1 934,20	26,5
Deutschland gesamt	36 547,80	10 733,10	29,4	17 719,60	48,5	8 095,00	22,1

Quelle: Statistisches Bundesamt (Hrsg.) in Zusammenarbeit mit WZB und ZUMA[6]

Abbildung 4-9

Vergleich der Entwicklung des Heizenergiebedarfs zu den gesetzlichen Anforderungen an den Wärmeschutz und den Ergebnissen von Modellversuchen



Quelle: BINE Informationsdienst: basisEnergie Nr. 9, www.bine.info.

4.3.1.2.2 Maßnahmen zur Verbesserung der Wärmebilanz an Altbauten

Wärmedämmung

(529) Bis zum dramatischen Anstieg der Energiepreise 1974 wurde Wärmedämmung kaum berücksichtigt. Die in der Folgezeit errichteten Gebäude erfüllen – bis auf wenige Ausnahmen – nur den gesetzlich geforderten Wärmeschutz der Wärmeschutzverordnung. Durch die Außenwände gehen, abhängig vom Gebäudetyp, bis zu 40 % des jährlichen Heizenergieverbrauchs verloren.

(530) Je nach Bauart und Zustand eines Gebäudes kommen verschiedene Arten der Wärmedämmung in Betracht:

– **Innendämmung von Außenwänden:** Diese Art der Dämmung weist niedrige Herstellungskosten auf und ist auch „Stück für Stück“ durchführbar. Nachteil:

[6] Statistisches Bundesamt u. a. (2000).

Tabelle 4-22

Heizwärmebedarf im deutschen Wohngebäudebestand und nach verschiedenen Wärmeschutzstandards

Gebäudetyp	Heizwärmebedarf in kWh/m²xa	
	von	bis
Deutscher Wohngebäudebestand 1989	220	270
Deutscher Wohngebäudebestand 1998*	195	
Wohnhaus nach WSV 1982	130	180
Wohnhaus nach WSV 1995	54	100
Wohnhaus nach EnEV 2002		
Niedrigenergiehaus	30	70
Passivhaus	0	15

* Zahlen nach NOWA-Studie der VdZ und eigene Berechnung
WSV = Wärmeschutz VO
EnEV = Energiespar VO

Quelle: Bundesvereinigung der Firmen im Gas- und Wasserfach, Wirtschaftlichkeit von Energiesparmaßnahmen im Wohngebäudebestand

Verlust an Wohnfläche durch die innenseitige Aufbringung der Dämm-Materialien nicht unerheblicher Dicke und oft bauphysikalische Probleme.

– **Außendämmung der Gebäudehülle (Thermohaut):** Sowohl für Neubauten als auch für den größten Teil des Gebäudebestandes geeignet. Deutliche Verringerung vorhandener Wärmebrücken (z. B. von Betonstützen über Fenstern, in der Außenwand aufliegende Betondecken, etc.). Gut mit ohnehin anstehenden Instandsetzungsmaßnahmen der Fassade (Putzerneuerung, Betonsanierung, Riss-Sanierung an der Fassade) kombinierbar.

– **Transparente Wärmedämmung:** Durch strahlungsdurchlässige Dämm-Materialien kann der Beitrag der Solarstrahlung zur Raumbeheizung, gerade bei besonders strahlungsexponierten Gebäuden erhöht werden. Heute verfügbare Systeme sind etwa acht- bis zehnmal teurer als eine Thermohaut und werden deshalb bisher nur in geringem Umfang eingesetzt.

– **Heizkörpernischen:** Gerade bei Altbauten treten bis zu 4 % der Wärmeverluste einer Wohnung an den Heizkörpernischen auf.[7] Für die Dämmung dieser Bereiche geeignete Dämmstoffe/-systeme sind am Markt erhältlich und können in der Regel problemlos in Eigenleistung angebracht werden.

– **Decken in Obergeschosswohnungen:** Das Anbringen der Wärmedämmung auf der Oberseite der obersten Geschossdecke führt zu besten Ergebnissen. Sowohl feste Dämmstoffe (z. B. Mineralwolle, Hartschaum, Kork, etc.) als auch Schüttdämmungen (z. B. Perlite oder Zelluloseflocken) sind geeignet.

– **Fußböden in Parterrewohnungen:** Am besten ist die Dämmung von unten her, also im Bereich des Kellers.

Fenster

(531) Neben der Isolierung der Gebäudehülle können auch die Fenster erheblichen Einfluss auf den Heizenergieverbrauch eines Gebäudes haben. Hierbei spielt nicht nur die Verglasung,[8] sondern auch das Material und die Konstruktion des Fensterrahmens eine wichtige Rolle.[9]

(532) Der Ersatz von Fenstern und Türen mit unzureichendem Wärmeschutz durch energiesparende Verglasungssysteme bietet ein erhebliches Potenzial zur Einsparung von Heizenergie.

(533) Wärmegewinne durch Verglasung (Abbildung 4-10): Durch die einfallende Solarstrahlung werden durch Fenster auch Wärmegewinne erzielt, die zur Beheizung der Räume beitragen. Die Fortschritte der Isolierglas- und Beschichtungstechnik können inzwischen bei den besten Fenstern ($k < 0.5$ W/m²K) sogar auf der Nordseite eines Gebäudes zu Solarstrahlungsgewinnen führen. Für die Energieeinsparung ist aber, neben der Fläche der Südfenster, auch der Wärmeschutzstandard des gesamten Gebäudes und die Qualität der Verglasung entscheidend. Größere Südfensterflächen mit gewöhnlichem Zweischeiben-Isolierglas können zu einem Energiemehrverbrauch führen. Erst der Einsatz des Wärmeschutz-Isolierglases bringt einen „Wärmegewinn“, wenn die Randbedingungen stimmen.[10]

(534) Bei mehr als 40 bis 60 % Fensterflächenanteil an der Südfassade kann der zusätzliche solare Wärmeeintrag nicht mehr genutzt werden. Gleichzeitig steigt die Gefahr der Raumüberhitzung, wenn keine Gegenmaßnahmen getroffen werden (z. B. Verschattung, Klimatisierung).

(535) Fensterrahmen: 15 bis 35 % der Fensteröffnung entfallen auf den Rahmen. In Bezug auf die Dämmwirkung schneiden Holz und Kunststoffe (Marktanteil: 80 %) am besten ab; einzelne Hersteller bieten auch Aluminium-Rahmen mit gleichwertiger Dämmwirkung.

---

[7] Hessisches Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten (2001b).

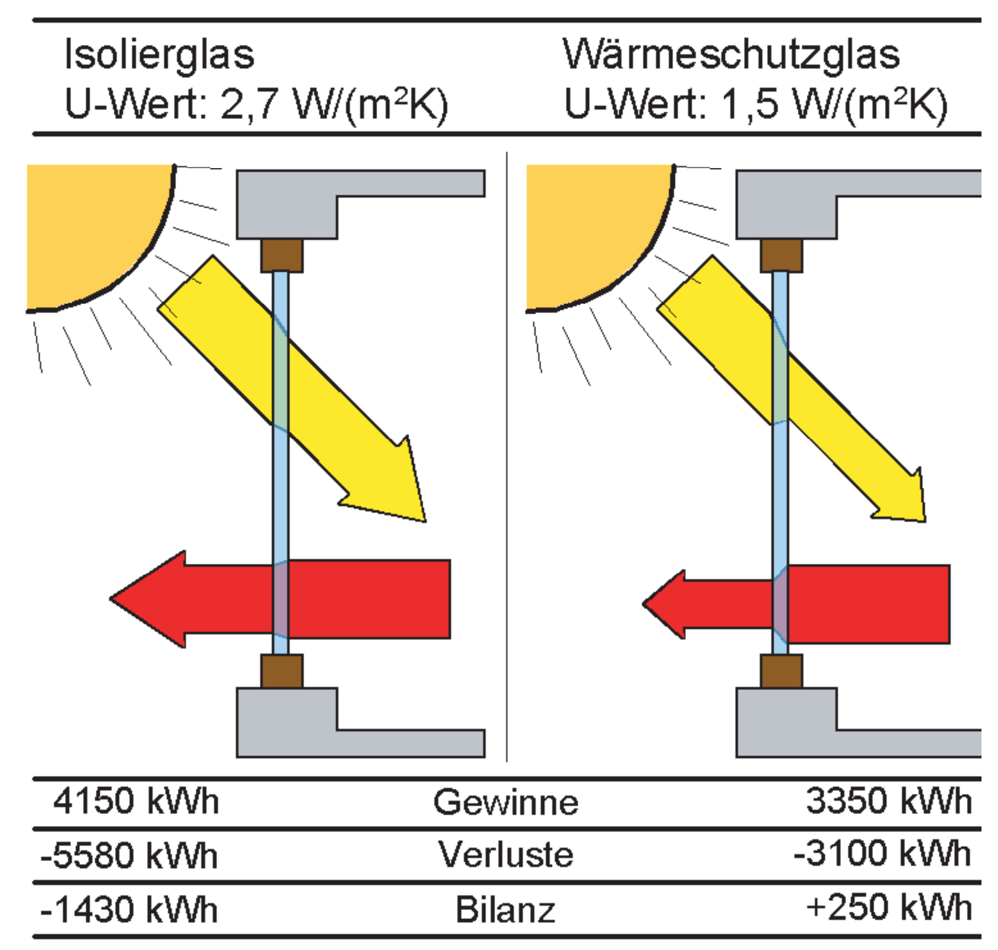
[8] Viele Gebäude haben lt. einer Untersuchung hessischer Wohngebäude noch Einfachverglasung.

[9] Oft weisen auch Fensterrahmen undichte Fugen auf, die zu Wärmeverlusten führen. Im Bereich der Außentüren sind noch zahlreiche Gebäude mit nur unzureichend wärmedämmenden Systemen ausgestattet (Hessisches Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten, 2001a).

[10] Hessisches Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten (2001a).

Abbildung 4-10

Wärmegewinnung durch Verglasungen



Quelle: Hessisches Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten (2001a)

(536) Roll- und Klappläden bringen bei Wärmeschutzverglasung nur geringen zusätzlichen Nutzen, gleichzeitig besteht die Gefahr hoher Wärmeverluste aufgrund schlecht gedämmter Rollladenkästen.

Heizungssysteme

(537) Neben dem Wärmeschutz eines Gebäudes spielt beim Energieverbrauch vor allem die Heizungstechnik eine entscheidende Rolle. Veraltete Heizkessel mit niedrigem Wirkungsgrad verbrauchen für die Bereitstellung einer bestimmten Wärmemenge mehr Brennstoff als moderne Heizungsanlagen mit höherem Wirkungsgrad. Im Jahr 2000 war nahezu jede fünfte bzw. rd. 2,8 Mio. Heizungsanlagen 20 Jahre und älter.[11] Der durchschnittliche Wirkungsgrad (bezogen auf den unteren Heizwert) dieser Heizungen liegt bei rd. 79 % für Öl- und 81 % für Gasheizungen.[12] Moderne Brennwertgeräte dagegen erreichen Normnutzungsgrade von 102 bzw. 109 %.[13] Allein durch den Austausch dieser Altgeräte, der für Mehrfamilienhäuser lt. EnEV bis Ende 2006 vorgeschrieben ist, können rd. 20 bis 25 % Heizenergie eingespart werden. Da viele bestehende Heizungsanlagen zudem erheblich überdimensioniert sind, werden in der Praxis beim Heizungsaustausch häufig Energieeinsparungen von rd. 50 % oder mehr erreicht.

(538) Noch günstigere Wirkungsgrade bzw. Emissionen werden künftig von mit Erdgas betriebenen Wärmepumpen

[11] www.schornsteinfeger.de.

[12] Pfitzner, Schäfer (1994).

[13] Sbz (2001), Test (2002).

bzw. Brennstoffzellenheizgeräten (vgl. Kapitel 4.3.5) erreicht werden. Beide Techniken sind für den Einsatz in der Wohnungsbeheizung bereits in Prototypen verfügbar und werden in den kommenden Jahren zur Serienreife entwickelt werden.

(539) Auch der Energieträger ist aus ökologischer Sicht entscheidend: So verursacht z. B. Gas mit rd. 200 g/kWh geringere direkte CO_2-Emissionen als Öl mit rd. 270 g/kWh. Werden auch die indirekten Emissionen sowie die Emissionen der übrigen Treibhausgase einbezogen, dann ergeben sich nach Gemis 3.0 für Erdgas rd. 238 g CO_2-Äquivalent/kWh und für leichtes Heizöl 303 g CO_2-Äquivalent/kWh.[14] Noch günstigere Emissionen ergeben sich bei einer Nutzung der Kraft-Wärme-Kopplung aus kleinen BHKW bzw. Nahwärmenetzen sowie durch den Einsatz erneuerbarer Energieträger wie z. B. Holzhackschnitzel oder Holz-Pellets in Heiz- oder Heizkraftwerken bzw. in Einzelfeuerungen. Eine weitere Reduktion der Emissionen ist durch die Kombination mit einer Solaranlage erzielbar.

(540) Solaranlagen: Bei einer ohnehin anstehenden Erneuerung der Heizungsanlage sollte auch der Einbau einer thermischen Solaranlage in Betracht gezogen werden. Mit einer heutigen Standard-Solaranlage, die auf die Haushaltsgröße angepasst ist, werden im Jahresmittel etwa 60 % des Wärmebedarfs für Warmwasser gedeckt. Auch die Unterstützung der Raumheizung ist durch eine Solaranlage möglich. Bei „normaler“ Auslegung können im Altbau mit Einzelhausanlagen 15 % des Heizenergiebedarfs aus der Solarstrahlung gewonnen werden. Vielfach werden bereits kombinierte Geräte angeboten, bei denen die Heizung in einen Solarspeicher integriert ist.

(541) Neben der Wahl einer optimalen Heiztechnik ist vor allem auch die richtige Steuerung, Regelung und Auslegung der Heizung sowie des Wärmeverteilsystems (i. d. R. Heizkörper) entscheidend für den tatsächlichen Energieverbrauch. Trotz dieser großen Bedeutung sind heute etwa 80 bis 85 % der Heizungsanlagen des Gebäudebestandes nicht hydraulisch einreguliert. Das bedeutet, zu große Wasservolumenströme fließen unkontrolliert (nicht abgeglichen) in den Haupt- und Verteilsträngen der einzelnen Anlagen. Die Folgen sind ein zu hoher Energieaufwand für die Warmwasserumwälzung und zusätzliche vermeidbare Wärmeverluste. Allein durch einen entsprechenden hydraulischen Abgleich und optimierte Einstellungen lassen sich rd. 5 bis 15 % Heizenergie und rd. 30 bis 40 % Strom für den Betrieb von Heizungsumwälzpumpen einsparen.[15] Durch den Einsatz der neuesten Generation von Heizungspumpen (Permanentmagnetmotorpumpen) können zusätzlich rd. 60 bis 80 % Strom eingespart werden.[16]

Bepflanzung

(542) Die Bepflanzung im Umfeld eines Gebäudes kann als „natürlicher Regulator“ der in das Gebäude einfallenden Solarstrahlung genutzt werden. Bäume und Büsche können als Windschutz dienen und im Sommer als Schattenspender der Raumüberhitzung entgegenwirken. Auch die Art der Bepflanzung spielt eine Rolle (laubabwerfend/immergrün). Fassaden- und Dachbegrünungen erhöhen die Wärmespeicherfähigkeit von Gebäuden. Sie schützen außerdem vor Temperaturschwankungen und wirken sich somit positiv auf die Lebensdauer der Bauteile aus.[17]

Thermische Zonierung

(543) Thermische Zonierung bedeutet die Aufteilung der Räume im Haus nach der Art ihrer Nutzung und mithin Aufteilung anhand ihrer Heiztemperaturniveaus. Sinnvoll ist eine Aufteilung, bei der Räume mit durchschnittlich höherer Raumtemperatur in den Südteil des Gebäudes gelegt werden, um einen möglichst hohen Anteil an solarem Wärmeeintrag zu erzielen. Nicht oder nur mäßig zu beheizende Räume sollten sich im nördlichen Teil des Gebäudes befinden, um die Wärmeverluste zu minimieren.

(544) Durch einen südorientierten Wintergarten kann bei entsprechender Nutzung eine zusätzliche thermische Pufferzone für das Gebäude geschaffen werden. Die anfallenden Wärmegewinne können in Form von vorgewärmter Zuluft zur Minderung des Heizenergiebedarfs beitragen.

4.3.1.2.3 Einsparpotenziale im Gebäudebestand

(545) Der Heizwärmebedarf in Neubauten wurde durch gesetzliche Vorgaben stetig reduziert. War in der Wärmeschutzverordnung 1984 (WSVO 84) noch ein spezifischer Heizwärmebedarf von 12 bis 140 kWh/m^2a zulässig, so beschränkt die WSVO 95 diesen Wert auf 50 bis 100 kWh/m^2a. Die wärmetechnische Qualität der nach Einführung der WSVO 1995 errichteten Gebäude bedeutet zwar einen erheblichen Fortschritt, kann jedoch mit wirtschaftlichen Maßnahmen noch verbessert werden. Der schwedische und dänische Wohnungsbau, sowie die große Anzahl der in der Bundesrepublik Deutschland inzwischen errichteten Niedrigenergiehäuser (NEH) liefern seit Jahren den Beweis dafür, dass ein spezifischer Jahresheizenergiebedarf im Bereich von 30 bis 70 kWh/m^2a weder zu einer deutlichen Kostensteigerung führt, noch unkonventioneller Baumethoden bedarf. Die Enquete-Kommission hält eine Reduzierung des spezifischen Heizenergiebedarfs um die Hälfte – bei angepasster Bauweise – mit gleichen Baukosten für möglich.[18] Dem trägt die Energieeinsparverordnung 2002 Rechnung; sie führt beim Wärmeschutzstandard von Neubauten zu einer Annäherung an die Werte von Niedrigenergiehäusern.

(546) In Anbetracht des hohen Anteils an Altbauten im Gebäudebestand der Bundesrepublik Deutschland – der auch über Jahrzehnte hinweg noch dominant bleiben wird – liegen die Einsparpotenziale stärker im Altbau- als im Neubaubereich.

[14] Kristof u. a. (1998).

[15] WI/Öko-Institut (2000).

[16] Nipkow, Meyer (1999).

[17] DIfU (1997).

[18] Enquete (1990).

(547) Zu den im Bestand erschließbaren Einsparpotenzialen gibt es eine Vielzahl wissenschaftlicher Untersuchungen. Unter anderem beschäftigte sich das Institut für Wohnen und Umwelt (IWU) in Darmstadt im Auftrag der Enquete-Kommission „Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre“ mit dieser Frage. Es kam zu dem Ergebnis, dass mit den am Markt verfügbaren Techniken zum verbesserten Wärmeschutz ein technisches Einsparpotenzial im Wohngebäudebestand von etwa 70 %[19] bzw. 77 % in den neuen und 71 % in den alten Bundesländern[20] erschließbar ist. Auch Ebel beschreibt ein technisches Einsparpotenzial an Heizenergie in Wohngebäuden von über 70 %.[21]

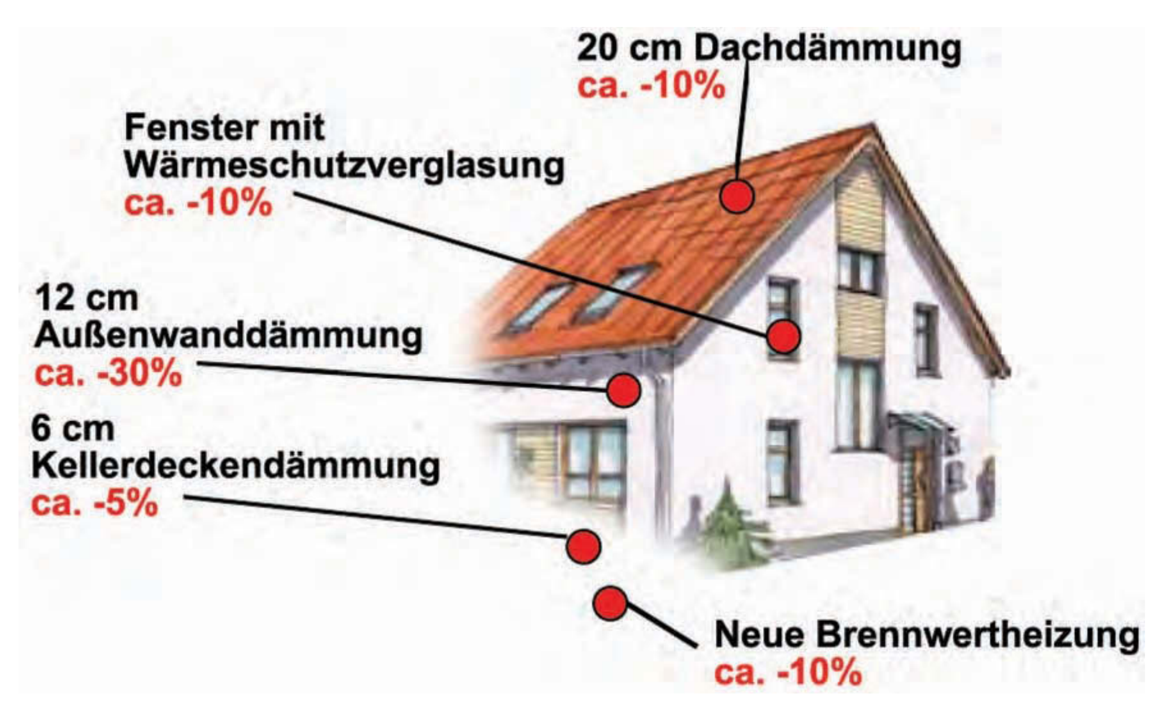
(548) Das Institut Wohnen und Umwelt[22] hat auch die Einsparpotenziale verschiedener Maßnahmen untersucht. Beispielhaft ergeben sich (Abbildung 4-11):

- Durch sorgfältige nachträgliche Außenwanddämmung im Gebäudebestand können die Energieverluste durch die Wände um bis zu 75 % reduziert, durch einen hohen Dämmstandard beim Neubau mindestens halbiert werden.
- Wärmeschutzglas bietet einen um 50 bis 60 % besseren Wärmeschutz als die herkömmliche Isolierverglasung.
- Die Verluste durch die Geschossdecken können je nach Dämm-Maßnahme und vorhandener Konstruktion um bis zu 90 % reduziert werden.
- Die Heizenergieverluste durch die Fußböden können um 40 % vermindert werden.
- Die Heizenergieverluste können um bis zu 10 % verringert werden, wenn die Thermostatventile während der Abwesenheit geschlossen werden.
- Durch gut gedämmte Verteilleitungen können bis zu 10 % der jährlich benötigten Heizenergie eingespart werden.

(549) In einer Studie für diese Enquete-Kommission ermittelte die STE-Gruppe des Forschungszentrums Jülich[23] das Endenergie-Einsparpotenzial durch Sanierung der Gebäudehülle im Wohnbereich und durch Abrisse von 1999 bis 2020 und von 1999 bis 2050. Legt man einen mittleren Gesamtnutzungsgrad für den Bestand von 1999 von 78 %

Abbildung 4-11

Energieeinspareffekte verschiedener baulicher Sanierungsmaßnahmen



Anmerkung: Die Werte sind als Richtwerte zu verstehen.

Quelle: BINE Informationsdienst: basisEnergie Nr. 9, www.bine.info.

[19] IWU (1989).

[20] Ebel u. a. (1995).

[21] Ebel u. a. (1996)

[22] Hessisches Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten (2001a,b).

[23] Kleemann u. a. (2002).

Tabelle 4-23

Gesamtes Endenergie-Einsparpotenzial bis 2020 und bis 2050

	2020	2020	2020	2050	2050	2050
	Sanierungs-potenzial	Einsparung durch Abriss	Gesamt-einsparung	Sanierungs-potenzial	Einsparung durch Abriss	Gesamt-einsparung
	PJ	PJ	PJ	PJ	PJ	PJ
EFH	182	94	276	404	267	671
RDH	62	24	86	145	72	218
KMH	72	44	116	166	106	272
GMH	74	20	95	181	77	258
Summen	390	183	573	897	523	1 419

EFH = Einfamilienhaus – RDH = Reihendoppelhaus – KMH = Kleines Mehrfamilienhaus – GMH = Großes Mehrfamilienhaus

(inkl. Kessel und Heizungsverteilung) zugrunde, dann ergeben sich die in Tabelle 4-23 dargestellten Endenergie-Einsparungen. Da der Nutzungsgrad nicht verändert wird, beziehen sich die ermittelten Einsparungen nur auf die Gebäudehülle.

(550) Bezogen auf den Verbrauch der Haushalte für Raumwärme im Jahre 1999 in Höhe von 2 082 PJ entspricht die gesamte Einsparung im Jahre 2020 von 573 PJ einer Einsparrate von rund 28 %. Bis 2050 werden mit 1 419 PJ rund 68 % erreicht. Die Voraussetzungen für dieses Ergebnis sind: ein gehobener Sanierungsstandard (NEH ab 2005 und NEH+ ab 2020), eine hundertprozentige Sanierungseffizienz, eine Abrissrate von 25 % bis 2050 und ein (energetisch) nicht sanierbarer, denkmalgeschützter Gebäudeanteil von 15 %. Diese aktuellen Ergebnisse weichen von den bereits dargestellten Einsparpotenzialen nicht ab.

(551) Es gibt bereits zahlreiche Beispiele dafür, dass die in bisherigen Studien ermittelten Einsparpotenziale im Bereich von 70 % keine theoretischen Werte darstellen, die in der Praxis kaum oder nur schwer zu erreichen sind. Vielmehr zeigt sich, dass auch der NEH-Standard durch nachträgliche Wärmeschutzmaßnahmen an Altbauten zu erreichen ist (Tabelle 4-24). Beispiele aus dem Projekt „50 Solarsiedlungen“ des Landes Nordrhein-Westfalen zeigen, dass bei einer Sanierung auf Siedlungsebene unter Einbeziehung solarer Komponenten Niedrigenergie-Standards zu marktkonformen Preisen erreicht werden können (vgl. Kasten 4-1, und als weiteres Beispiel auch Kasten 4-2).

Tabelle 4-24

Beispiele für die energetische Sanierung von Altbauten

Gebäudetyp, Baujahr	Wohnfläche m^2	Standort	Spez. Heizenergie-bedarf vor Sanierung kWh/m^2xa	Spez. Heizenergie-bedarf nach Sanierung kWh/m^2xa	Einsparung %
MFH, Punkthaus in Betonskelett-Bauweise, 1965	1 926	Karlsruhe-Waldstadt	187	52	72
MFH, Reihenhaus mit 25 cm Bimssteinmauerwerk, 1939		Ludwigshafen	187	57	70
MFH Doppelblock, 1967	884	Hameln-Afferde	154	44	71
großes MFH	1 968	Hildesheim-Sarstedt	160	55	66
MFH-Zeile, 1909	3 200	Köln	275	55	80

Quelle: WWF (2001)

Kasten 4-1

Altbausanierung Köln-Bilderstöckchen

Im Wohnungsbestand liegen im Vergleich zu Neubauvorhaben zweifellos die größeren Potenziale zur Energieeinsparung. Aus diesem Grund ist die Umsetzung von Solarsiedlungen im Bestand wie in Köln-Bilderstöckchen von besonderer Bedeutung. Das Projekt soll die Möglichkeiten der Solarenergienutzung für die Wärme- und Stromversorgung von Gebäuden auf Siedlungsebene nicht nur demonstrieren, sondern dem solaren Bauen auch einen weiteren Impuls verleihen und somit die breite Markteinführung unterstützen.

Das Projekt Köln-Bilderstöckchen, ein Projekt im Rahmen des Leitprojektes der Landesinitiative Zukunftsenergien Nordrhein-Westfalen, wird von

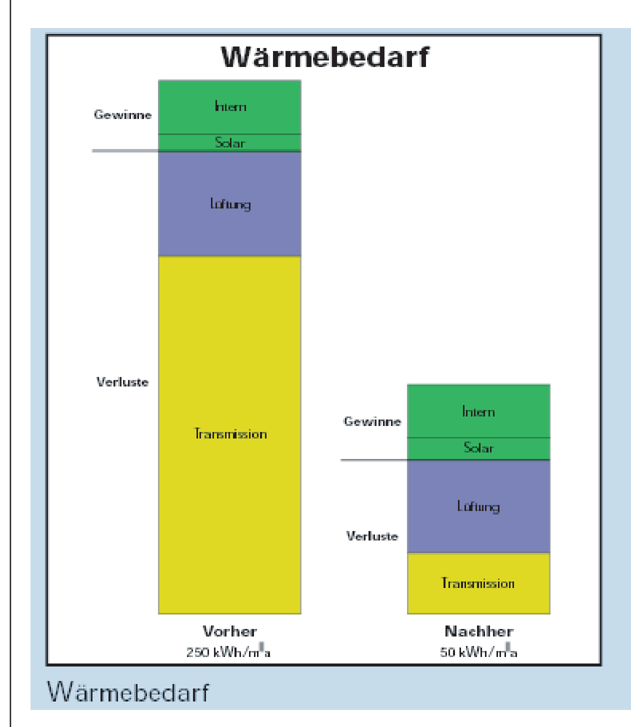
– dem Ministerium für Städtebau und Wohnen, Kultur und Sport,
– dem Ministerium für Wirtschaft und Mittelstand, Energie und Verkehr und
– dem Ministerium für Schule, Wissenschaft und Forschung

des Landes Nordrhein-Westfalen getragen.

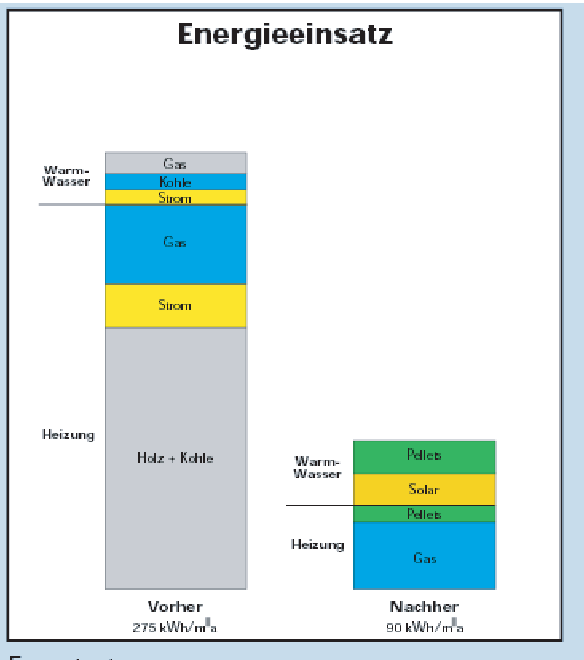


Der Wohnwert der zukünftig 78 Wohnungen wird durch die erstmalige Schaffung moderner Badezimmer, Erweiterung des Wohnraums durch Balkonanbauten, Erneuerung sämtlicher sanitärer Ver- und Entsorgungsleitungen sowie durch neue, zeitgemäße Elektroanlagen verbessert.

Die Kaltmiete für die derzeitigen Bewohner der Bestandswohnungen konnte auf 5 €/m² (9,80 DM/m²)[24] nach der Sanierung festgeschrieben werden. Darüber hinaus werden die Heizkosten 26 ct./m² (50 Pf/m²) pro Monat nicht überschreiten.



Wärmebedarf



Energieeinsatz

[24] 1 Euro = 1,95583 DM.

noch Kasten 4-1

Ziel ist es, den Heizenergieverbrauch gegenüber der alten Bebauung um 80 % (Faktor 5) zu verringern. Neue hochgedämmte Fenster, 16 cm Wärmedämmung der Außenwände, weitere hochwertige Wärmedämmungen zum Keller und im Dach werden durch eine extreme Luftdichtigkeit ergänzt. Im Zusammenspiel mit einem kontrollierten Wohnungsbelüftungssystem kann so der spezifische Raumwärmebedarf drastisch verringert werden.

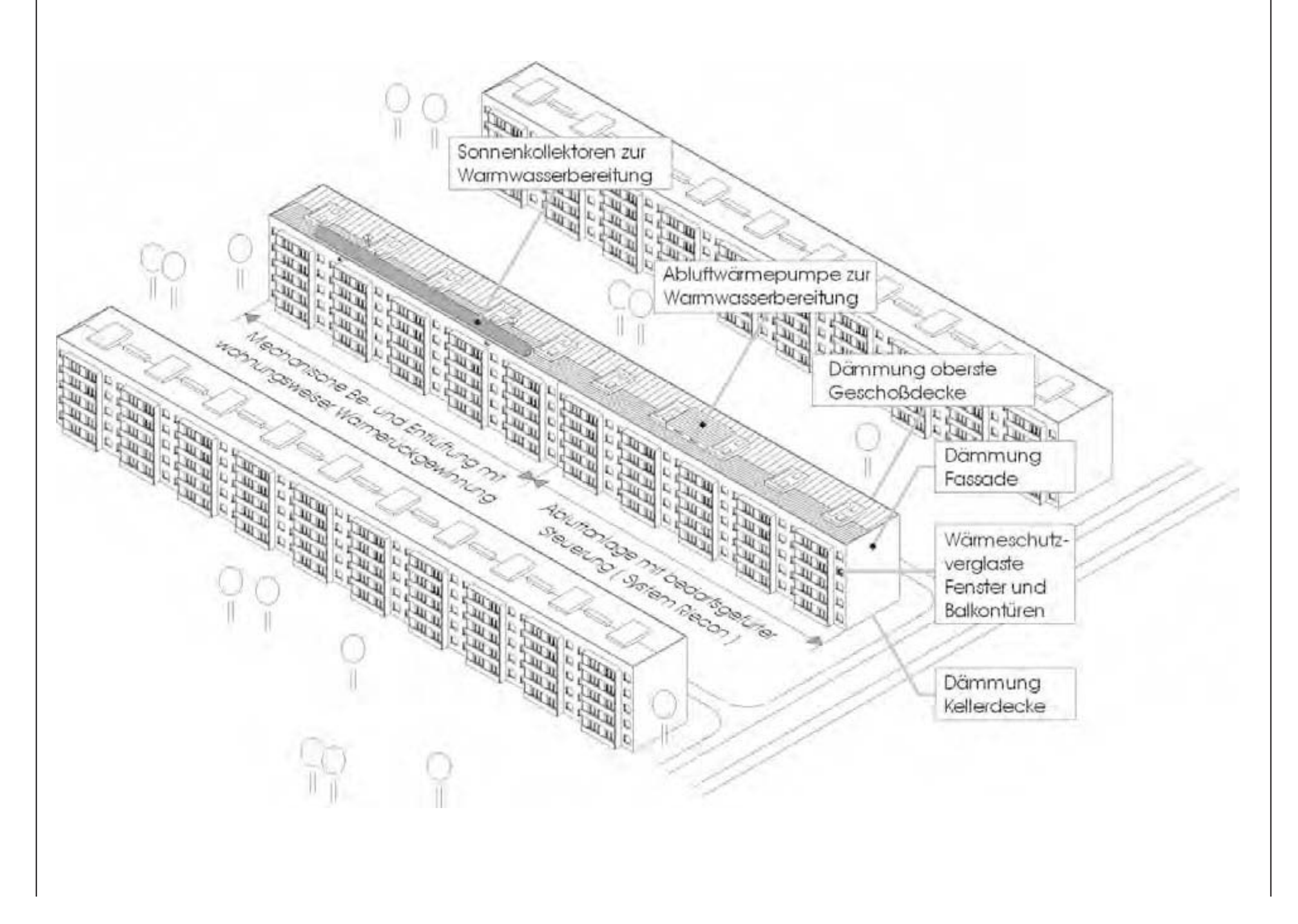
Der Warmwasserbedarf wird durch eine 192 m^2 große Solarkollektoranlage und eine Holzpelletheizung zu 100 % aus erneuerbaren Energien gedeckt. Neben der Biomasseheizung aus Holzpellets wird eine Gaszentralheizung die Wohnräume an den kalten Tagen mit Wärme versorgen.

Kasten 4-2

Siedlungsbau Ost, Berlin-Köpenick

Im Südosten von Berlin verwaltet die KÖWOGE Köpenicker Wohnungsgesellschaft mbH einen Wohnungsbestand von ca. 15 000 Wohnungen. Dazu gehört auch das Albert-Schweitzer-Viertel mit insgesamt 950 Wohnungen.

Im Jahre 2000 hat die KÖWOGE im Rahmen des Förderprogramms „Energiegerechte Sanierung EnSan“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) für die P2-Blöcke der Albert-Schweitzer-Straße 31-40 ein Modellbauvorhaben in Angriff genommen. Ziel des Vorhabens ist eine nachhaltige Reduzierung des Heizenergiebedarfes bei gleichzeitiger Erhöhung des Lüftungskomforts. Der zu erwartende Energiemehrverbrauch durch die Lüftungsanlagen soll durch innovative Konzepte zur Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung begrenzt und. der gesamte Heizenergieverbrauch um 60 % gegenüber dem Zustand vor der Modernisierung reduziert werden. Die Anforderungen der Wärmeschutzverordnung von 1995 werden damit deutlich unterschritten. Die bisherigen Heizenergieverbräuche in den beiden P2-Bauten aus dem Jahre 1965 lagen bei durchschnittlich 180 kWh/m²a. Besonders hohe Verbräuche wurden in den Erdgeschosswohnungen mit ca. 270 kWh/m²a festgestellt.



noch Kasten 4-2

Am Gesamtgebäude wurden im Jahre 2001 ein intelligenter Mix verschiedener energiesparender bzw. klimaschonender Technologien und baulicher Maßnahmen ausgeführt.

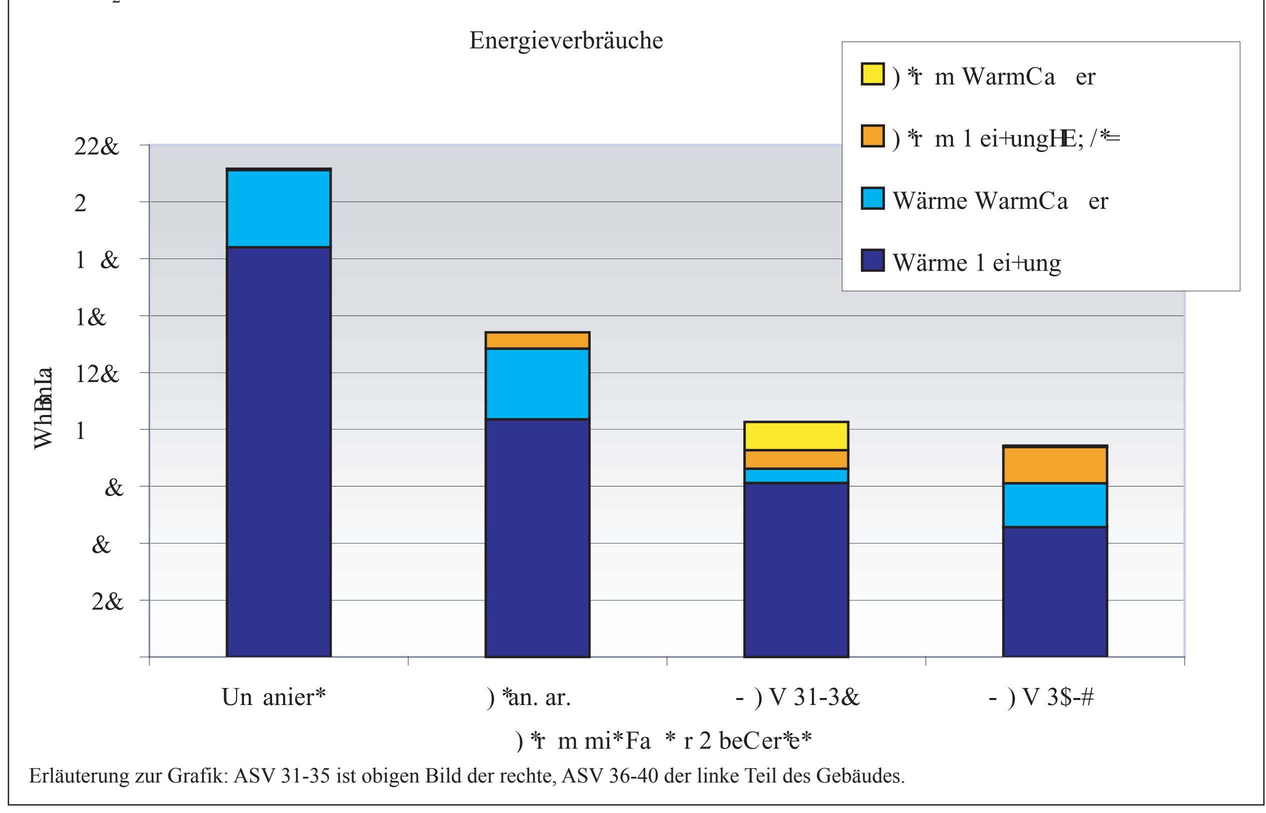
Gegenüber den beiden Forschungsgebäuden dienen zwei Blöcke mit insgesamt 200 Wohnungen als Referenzgebäude, die nach dem bei der KÖWOGE üblichen Standard modernisiert und mit einer Abluftanlage versehen wurden.

Für die Mieter wurden die umfangreiche Anlagentechnik und ihre Handhabung nach Kräften transparent gemacht. Um eine große Akzeptanz für das Vorhaben zu erlangen, wurden sie bereits zu einem frühen Stadium in das Projekt mit einbezogen.

Die Baumaßnahmen am Gebäude sind inzwischen abgeschlossen. Die Datenerfassung zu Forschungszwecken wird in den nächsten Jahren noch fortgesetzt. Für die Zukunft wird eine Reduzierung im Heizenergiebezug um zwei Drittel erwartet.

Die CO_2-Einsparung pro Jahr durch das Projekt beträgt 134 705 kg.





Erläuterung zur Grafik: ASV 31-35 ist obigen Bild der rechte, ASV 36-40 der linke Teil des Gebäudes.

(552) Auf der Basis der 1989 von der Enquete-Kommission vorgegebenen oberen Preisszenarien beträgt das wirtschaftliche Potenzial etwa 52 %.[25] Aktualisierte Studien aus den Jahren 1995 bzw. 1997 geben das wirtschaftlich erreichbare Einsparpotenzial in Abhängigkeit von der Energiepreisentwicklung an (vgl. Tabelle 4-25).[26] Nach der STE-Studie sind im Falle einer Wirtschaftlichkeitsrechnung mit einer günstigen Verzinsung von 4 % (real) und einer Abschreibungsdauer, die der technischen Lebensdauer entspricht, die Energiekosteneinsparungen durch geringeren Energieverbrauch fast über den ganzen Kostenbereich höher als die Jahreskosten aus der Investition. Bei volkswirtschaftlicher Berechnung lohnen sich die Sanierungsmaßnahmen auf jeden Fall. Wesentlich ungünstiger sieht die Kalkulation auf einzelwirtschaftlicher Basis aus. Wird mit marktüblichen Zinssätzen von 8 % und üblichen Abschreibungsdauern von 12 Jahren gerechnet, dann liegen nur die kostengünstigsten Maßnahmen gerade noch an der Grenze zur Wirtschaftlichkeit.[27]

[25] IWU (1989).

[26] Ebel (1995).

[27] Kleemann (2002).

Tabelle 4-25

Wirtschaftliches Einsparpotenzial bei unterschiedlichen Energiepreisen

	Alte Bundesländer	Neue Bundesländer
Zahl der Wohnungen	26 Mio.	6,6 Mio.
Heutiger Heizwärmebedarf	340 TWh	74 TWh
Technisches Einsparpotenzial	71 %	77 %
Wirtschaftliches Einsparpotenzial bei einem mittleren zukünftigen Wärmepreis von:		
3,1 ct./kWh	38 %	53 %
4,1 ct./kWh	43 %	62 %
6,6 ct./kWh	53 %	63 %

(553) In allen Fällen wird eine Kopplung der Wärmschutzmaßnahmen an ohnehin durchzuführende Instandsetzungs- oder Modernisierungsmaßnahmen vorausgesetzt. Aufgrund der zum Teil mehrere Jahrzehnte dauernden Instandsetzungszyklen ist für die Ausschöpfung des gesamten wirtschaftlichen Potenzials im Gebäudebestand ein entsprechend langer Zeitraum erforderlich – wenn nicht politische Maßnahmen zu einer Verkürzung der Instandsetzungszyklen führen.

4.3.1.3 Die Einsparpotenziale bei Neubauten in der Bundesrepublik Deutschland

(554) Neubauten ersetzen den durch Abriss entstandenen Wohnraumverlust und decken den zusätzlich entstehenden Wohnungsbedarf ab. Dieser zusätzliche Bedarf resultiert aus steigenden Haushaltszahlen und einem steigenden Wohnflächenbedarf pro Kopf. Neubauten führen grundsätzlich zu zusätzlichen Emissionen, sofern es sich nicht um Nullenergiehäuser handelt. Ein Teil dieser zusätzlichen Emissionen wird durch den Abriss der alten Wohngebäude kompensiert.

4.3.1.3.1 Solare Architektur

(555) Heizen durch passive Nutzung von Sonnenenergie funktioniert nach dem Prinzip, dass Strahlungsenergie, die von außen auf das Gebäude fällt, gesammelt, gespeichert und in kontrollierter Weise genutzt wird. Als Sammler (Kollektor) dienen die Oberfläche des Gebäudes und die Innenflächen. Die Wände des Gebäudes und die Bauteile im Inneren dienen als Speichermasse, welche die Energie aufnimmt und langsam wieder abgibt. Damit das richtig funktioniert, muss das Gebäude den Klimaverhältnissen angepasst sein. Vordächer, Pflanzen und andere Schattenspender halten die Sonne während der Sommermonate vom Gebäudeinneren fern und verhindern eine Überhitzung.

(556) Dieses Prinzip der passiven Solarenergienutzung ist schon seit Sokrates Zeiten bekannt und wird leider immer noch viel zu selten bei der Planung von Gebäuden angewendet – hier existiert noch ein großer Weiterbildungsbedarf bei Architekten und Ingenieuren. Passive Nutzung von Sonnenenergie ist im Grunde nichts anderes als eine den regionalen Klimabedingungen angepasste Bauweise. Entwurfsprinzipien dieser Bauweise sind:

– möglichst geringer Wärmeverlust durch die Gebäudehülle dank eines möglichst günstigen Verhältnisses von Oberfläche zu Volumen, guter Wärmedämmung und Winddichtigkeit;
– temporärer Wärmeschutz vor den Fenstern;
– optimierte Lüftung (auch Kühlung) evtl. in Verbindung mit Wärmerückgewinnungs-Systemen;
– Optimierung des Gebäudes nach Stärke und Richtung der Sonneneinstrahlung und anderen Faktoren des Kleinklimas am Standort, insbesondere auch der Windverhältnisse;
– tendenziell Ausrichtung und Konzentration der Fensterflächen nach Südosten bis Südwesten;
– Unterteilung des Gebäudeinneren nach Nutzungszonen und den dort jeweils gewünschten Temperaturen (Zwiebelschalenprinzip). Räume, in denen die Temperaturen niedrig sein sollen, liegen außen und Richtung Norden, warme Räume liegen in der Mitte und Richtung Süden; in warmen Regionen wird dieses Prinzip umgekehrt angewandt;
– Einplanen von Speichermassen im Gebäudeinneren;
– Wintergärten, Atrien und andere Pufferzonen;
– Nutzung interner Wärmequellen, d. h. Austausch von Wärme innerhalb des Gebäudes;
– Austausch der Wärme möglichst durch natürliche Konvektion;
– Schattenspender, die sich jahreszeitlich unterschiedlich einstellen lassen (oder dies selbst tun wie z. B. Pflanzen);
– intelligente Verknüpfung all dieser Möglichkeiten durch einen integralen Planungsprozess.

(557) Sonnengerechtes Bauen, d. h. die direkte oder indirekte Nutzung der Sonnenstrahlung zur Reduktion der Heizungs- und Lüftungsenergie, ist im Neubau am leichtesten realisierbar. Entsprechendes Fachwissen und den

gemeinsamen Wunsch von Bauherren, Architekten und Planern vorausgesetzt (Integrales Planen) müsste sonnengerechte Architektur in Deutschland längst Standard sein.[28] Zwar gibt es entsprechende computergestütze Planungsinstrumente; diese werden allerdings oft erst ab einer gewissen Größe des Gebäudes eingesetzt. Die Realisierung von „Niedrigenergiehäusern" mit einem Heizbedarf von weniger als 40 kWh/m^2 und Jahr ist aber heute für praktisch alle Gebäudetypen ohne übermäßigen zusätzlichen Aufwand an Investitionsmitteln erreichbar (vgl. auch Abbildung 4-11).

(558) Schaut man sich den Energieverbrauch von Gebäuden an, die nach den Prinzipien der passiven Solarenergienutzung gestaltet worden sind, und vergleicht ihn mit dem konventioneller Bauten, dann wird das enorme Potenzial sichtbar, das in dieser „Energiequelle" steckt. Wie groß der Anteil des Energiebedarfs ist, der mit der Sonne gedeckt werden kann, hängt nicht nur von der Qualität des architektonischen Entwurfs ab, sondern auch von Haustyp und regionalem Klima.

(559) Im Rahmen des Monitor-Projektes der Europäischen Gemeinschaft sind unterschiedliche Haustypen in Europa untersucht worden. Nach dieser Studie deckt die Sonne bereits heute in den bestehenden Häusern 10 bis 15,5 % des Energiebedarfs. Der EG-Studie lässt sich entnehmen, dass Mehrfamilienhäuser im Durchschnitt weitere 30 % ihres Energiebedarfs durch passive Nutzung der Sonnenenergie decken können; in südlichen Breiten Europas können auch Werte um 70 % erreicht werden, und in nördlichen Breiten sind Lösungen untersucht worden, die 40 % Energiegewinn bringen. Bei Einzelgebäuden ermittelte die Studie einen möglichen Sonnenenergiebeitrag von im Durchschnitt mehr als 35 %, in südlichen Gebieten bis zu 60 %.

(560) Einige bemerkenswerte Aspekte fallen bei Betrachtung der verschiedenen realisierten Solarbauten auf:

- Der Prozentsatz, zu dem der Energiebedarf durch die Sonnenenergie gedeckt werden kann, hängt nicht von der geographischen Lage ab,
- die erreichten Deckungsgrade streuen auch bei Neubauten sehr stark und
- selbst der Energieverbrauch gleicher Gebäude an einem Ort kann sehr unterschiedlich sein.

(561) Berücksichtigt man die Tatsache, dass es inzwischen in verschiedenen Ländern mit unterschiedlichen klimatischen Bedingungen einige „Nullenergie-" oder „Plusenergiehäuser" gibt, so drängt sich der Schluss auf, dass der Beitrag, den die Sonne zur Deckung des Energiebedarfs in heute gebauten oder sanierten Gebäuden leisten kann, im Wesentlichen von vier Parametern abhängt: von der Qualität und Konsequenz der Umsetzung der Prinzipien solarer Architektur, vom Verhalten der Bewohner, vom Standort der Häuser (Stadt/Land) und erst an letzter Stelle von den Kosten.

(562) Nach dem heutigen Stand der Technik kann eine Reihe von Gebäuden vollständig mit Solarenergie versorgt werden. Durch die Kombination von wärmetechnischen Maßnahmen und passiv-solaren Entwurfsprinzipien kann der Energiebedarf so weit gesenkt werden, dass Anlagen zur aktiven Nutzung der Sonnenenergie wie Sonnenkollektoren und Biomasse-befeuerte Heizwerke, Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen oder Wärmepumpen die energetische Lücke schließen können. Bei ungünstigen Standorten muss mittels einer guten Isolierung die durch aktive Anlagen benötigte Wärmemenge minimiert werden. In verschiedenen Regionen Europas, insbesondere in den südlichen Ländern aber auch weiter nördlich, kann in vielen Fällen auf eine aktive Energieversorgung (fast) ganz verzichtet werden.

(563) Das Projekt des Landes Nordrhein-Westfalen „50 Solarsiedlungen" zeigt, dass solche „Solarsiedlungen" auch zu vernünftigen Preisen erstellbar sind, denn hier werden zu Marktpreisen im Neubau Siedlungen geschaffen, die sich durch eine integrale Planung nach Prinzipien solarer Architektur, den Einsatz effizienter Energietechnologien und erneuerbarer Energie-Techniken auszeichnen und sich wegen des stark reduzierten Energiebedarfs in hohem Maße aus erneuerbaren Energiequellen selbst versorgen können.

4.3.1.3.2 Potenzial der Energieeinsparungen im Neubaubereich

(564) Nach den Untersuchungen der STE für die Enquete-Kommission werden die Einsparpotenziale als die Unterschreitung der Energieverbräuche mit zukünftigen Neubauten gegenüber einer geltenden Referenz-Verordnung definiert. Für die folgenden Abschätzungen wird die Energieeinsparverordnung (EnEV) von heute bis zum Jahre 2050 als Referenz zugrundegelegt.

(565) In den letzten 30 Jahren sind die Bestimmungen für den Wärmeschutz im Gebäudebereich viermal (vgl. Abbildung 4-9), d. h. durchschnittlich alle sieben Jahre, verschärft worden. Dabei hat sich der mittlere zulässige Heizwärmeverbrauch etwa um den Faktor 5 verringert. Obwohl der Spielraum für zusätzliche Einsparungen inzwischen klein geworden ist, existieren noch weitere Möglichkeiten. Weitere Stufen zur Verringerung des zulässigen Wärmebedarfs wären das Niedrigenergiehaus (NEH), das Passivhaus, das Nullenergiehaus, die konsequente Nutzung der solaren Anteile und der Übergang einer Betrachtung vom Einzelgebäude zu einem solaren Siedlungskonzept (Tabelle 4-26 und Kasten 4-4).

(566) In der Schätzung der STE-Gruppe zu der Entwicklung im Neubaubereich wird eine stufenweise Weiterentwicklung der Wärmeschutzverordnung für den Neubaubereich bis auf das Passivhausniveau in folgenden Schritten unterstellt (Abbildung 4-12):

- Bis 2005 gilt die Energieeinsparverordnung EnEV.
- Von 2005 bis 2020 gilt ein gegenüber der EnEV um 22 % verschärfter NEH-Standard für den zulässigen Heizwärmeverbrauch.

[28] Michael (1997), Weiblen (1997), Voss (1997).

Kasten 4-3

Solarsiedlung Gelsenkirchen-Bismarck

Die von der Landesregierung Nordrhein-Westfalen getragene Landesinitiative Zukunftsenergien NRW unterstützt die Umsetzung innovativer Projekte in den Bereichen Energiesparen, rationelle Energieverwendung und Nutzung unerschöpflicher Energiequellen. Dabei sollen die Möglichkeiten der Solarenergienutzung für die Wärme- und Stromversorgung von Gebäuden auf Siedlungsebene nicht nur demonstriert, sondern dem solaren Bauen weitere Impulse verliehen und somit die breite Markteinführung unterstützt werden.

Im Sinne eines ganzheitlichen Konzeptes bedeutet dies daher nicht nur die energetische Optimierung der Einzelgebäude, sondern auch eine Optimierung auf städtebaulicher Ebene unter energetischen sowie unter sozialen und ökologischen Gesichtspunkten.



Quelle: Landesinitiative Zukunftsenergien NRW

In Gelsenkirchen-Bismarck ist an der Bramkampstraße die erste Solarsiedlung des Ruhrgebietes entstanden. Auf einer Fläche von ca. vier Hektar haben zwei Bauträger 72 Reihenhäuser in Randlage der ehemaligen Steinkohlenzeche Consolidation errichtet:

- Im nördlichen Bereich entstanden 29 unterkellerte Massivhäuser mit giebelständigen Satteldächern und
- im südlichen Bereich 43 massive Pultdachhäuser – überwiegend nicht unterkellert –, davon 16 in Massivbauweise und 22 in Holzrahmenbauweise.

Die gute Wärmedämmung der Gebäude senkt den Heizwärmebedarf unter den NEH-Standard.

Merkmale der Siedlung:

- Wohnfläche der Häuser: 110–140 m^2, 2 1/2 Geschosse, Grundstücksgrößen im Mittel 200 m^2,
- GRZ: 0,4 (+ max. 50 %), GFZ: 0,8,
- A/V-Verhältnis: 0,5 (1/m),
- Berechneter Jahresheizwärmebedarf: 30 bis 45 kWh/m^2a,
- 60 bis 65 % solare Deckung des Warmwasserbedarfes (470 m^2 Kollektorfläche),
- 40 % Deckung des Strombedarfes über Photovoltaik (installierte Leistung: 80 kWp),
- Kontrollierte Wohnraumlüftung mit und ohne Wärmerückgewinnung,
- Nachweis der Gebäudedichtigkeit über Blower-Door-Tests,

noch Kasten 4-3

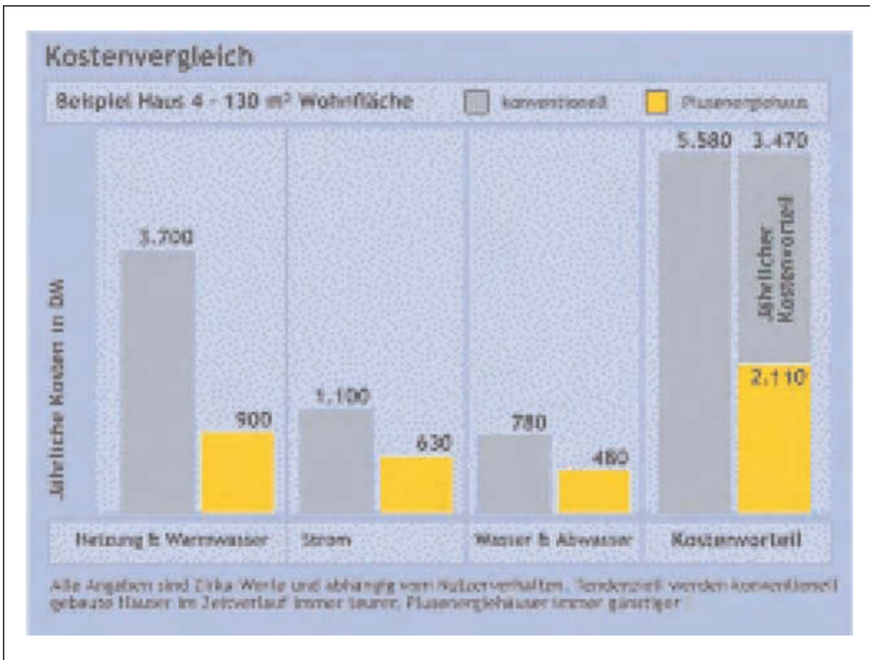
- Dezentrale und hausgruppenweise Energieversorgung,
- Wärmedämmstandard 40 bis 60 % unter WSchVO ´95 (NEyH und passiv-solare Bauweise):
- k-Werte der Gebäudehülle (W/m^2xK):
  - Wand: 0,20 bis 0,23
  - Fenster: 1,1 bis 1,4
  - Dach: 0,13 bis 0,18
  - Boden: 0,19 bis 0,26
- Installation eines Kochgasnetzes,
- Häuser z. T. mit Gründächern,
- Regenwasserversickerung über offene Mulden.

Die Solarsiedlung wurde Ende des Jahres 2001 fertiggestellt.

Einen Überblick sowie Messergebnisse und Auswertungen findet man unter www.Solarsiedlungen-TUV.de.

Kasten 4-4

Graphik: Kostenvergleich am Beispiel Solarsiedlung Freiburg



Kostenvorteile durch ökologisches Bauen

Ambitionierte Architekten und Projektentwickler entwickeln inzwischen eine Generation von Solarhäusern, die mit Hilfe der Sonne mehr Energie erzeugen, als die Bewohner der Häuser verbrauchen. Kompakte Bauweise, außergewöhnlich guter Wärmeschutz und eine aktive Lüftung mit Wärmerückgewinnung reduzieren den Energiebedarf auf ein Minimum. „Plusenergiehäuser“ müssen nur wenige Wochen im Jahr geheizt werden. Sie benötigen nur ein Zehntel des Heizenergiebedarfs eines konventionellen Hauses und machen die Bewohner unabhängig von Öl- und Gaspreisentwicklungen. Die Wirtschaftlichkeit solcher Projekte ist mittlerweile sehr gut.

– Von 2020 bis 2050 soll der Passivhausstandard zur Anwendung kommen. Dieser Standard bedeutet gegenüber der EnEV eine Verringerung des mittleren Heizenergieverbrauchs um rund 75 %.

Tabelle 4-26

Fiktives Heizwärme-Einsparpotenzial und Netto-Mehrverbrauch durch verstärkte Einführung der Passivhausbauweise 2050

		2020	**2050**
Neubaufläche insgesamt*	Mio. t	588	1 240
Gesamtverbrauch des Neubaus nach EnEV	PJ	149	315
Einsparpotenzial durch Verschärfung der EnEV	PJ	– 24,5	– 148
Netto-Mehrverbrauch durch Neubau	PJ	125	167

* Das zukünftige Neubauniveau wird entsprechend der Langfrist-Studie von Kleemann u. a. 2000 – „Die Entwicklung des Wärmemarktes für den Gebäudesektor bis 2050“ festgelegt.

(567) Würden alle Neubauten bis 2050 nur nach der EnEV gedämmt, dann würde der Verbrauch an Heizwärme bis 2020 (2050) um 149 PJ (315 PJ) ansteigen. Bis 2020 führt die 2005 beginnende Verschärfung der EnEV um 22 % zu Einsparungen von 24,5 PJ. Die Einführung der Passivhausbauweise für alle Neubauten ab 2020 lässt die Einsparungen bis 2050 auf 148 PJ anwachsen. Entscheidend ist schließlich der verbleibende Netto-Mehrverbrauch, der sich 2020 (2050) auf 125 PJ (167 PJ) beläuft. Dieser lässt sich nur vermeiden, wenn entsprechend z. B. solare Wärmeversorgung zum Zuge kommt.

4.3.1.4 Die Einsparpotenziale bei der Verwendung elektrischer Energie im privaten Wohnsektor

(568) Gerade im Bereich der elektrischen Verbraucher sind bereits seit langem technische Lösungen und Optionen mit hohem Einsparpotenzial bekannt, erprobt und in Gebrauch.

(569) Die Energieeinsparung durch die Markteinführung energiesparender Geräte (bisher überwiegend nur bei Kühl- und Gefriergeräten sowie Spül- und Waschmaschinen) wurde durch den Zuwachs im Ausstattungsstandard (vor allem Spülmaschinen, Gefriergeräte, Computer, TV, Videogeräte etc.) und Komforterhöhungen (z. B. Stand-by-Funktion) bei elektrischen Geräten praktisch kompensiert.

(570) Im Jahr 1999 verbrauchten die bundesdeutschen Haushalte etwa 468 PJ Strom. Der größte, einer spezifischen Verwendung zuzuordnende Anteil am Verbrauch liegt bei den Kühl- und Gefriergeräten (17,8 %). Als weitere große Verbraucher in den Haushalten folgen Elektroheizung (14,6 %) und die Erwärmung von Wasser mit 11,6 % (Tabelle 4-27).

(571) Eine Betrachtung der Entwicklung des Stromverbrauchs pro Haushalt zeigt einen starken Anstieg des Bedarfs bis zum Beginn der Achtzigerjahre (Anstieg: 1 936 kWh/a in 1970 auf 2 753 kWh/a in 1980). Im Anschluss

Abbildung 4-12

Unterstellte Entwicklung des zulässigen Heizenergieverbrauchs im Wohngebäudebereich

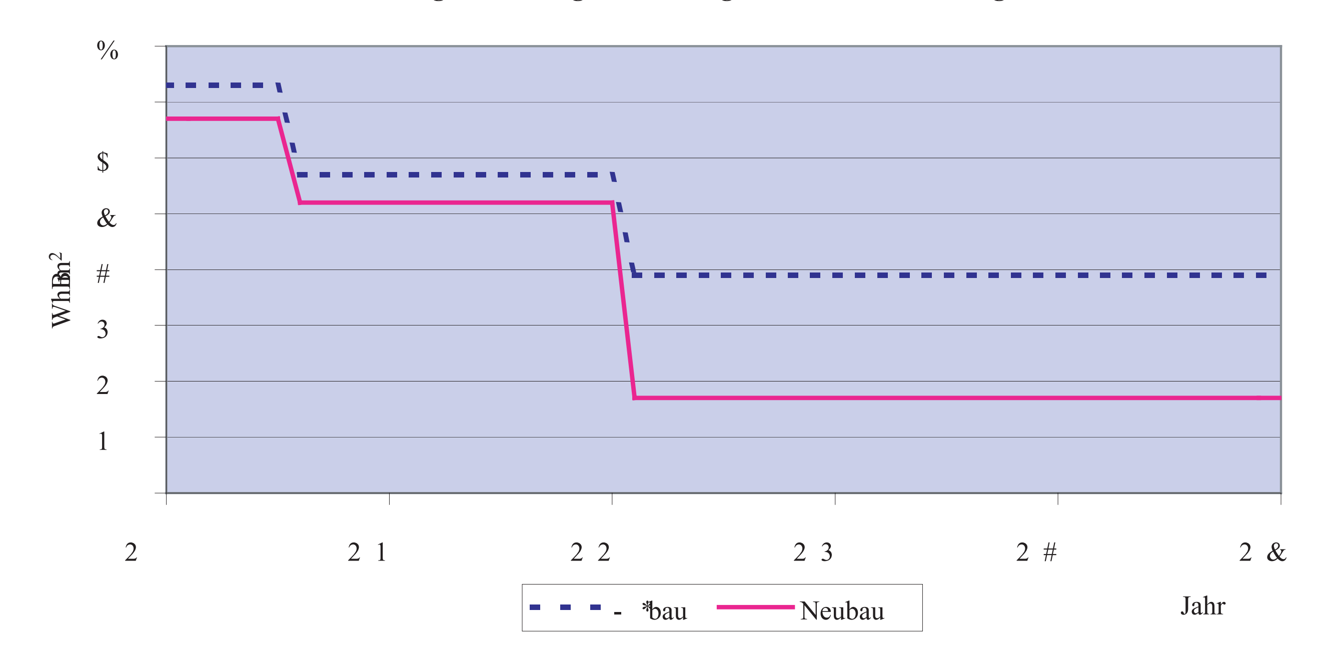


Tabelle 4-27

Haushaltsstromverbrauch nach Anwendung, 1999

Verwendung	Verbrauch PJ	Anteil %
Elektroheizung	68,1	14,6
Beleuchtung	33,1	7,1
Kühlen/Gefrieren	83	17,8
Elektroherd	35,5	7,6
Waschen, Spülen, Trocknen	40,6	8,7
Warmwasser	54,1	11,6
Radio/Fernsehen	27,5	5,9
Kleinheizgeräte	7,5	1,6
Sonst. Geräte	94,2	20,2
Übriger Verbrauch*	23,3	5
Summen		100,1

* Gemeinschaftsanlagen (z. B. Treppenhausbeleuchtung), Aufzüge, Klimaanlagen, Heizungspumpen

Quellen: VDEW 1998, HEA 1999[29]

daran fand nur noch eine geringe weitere Steigerung statt, die gegen Mitte der Neunzigerjahre in einen rückläufigen Strombedarf mündete. Im Jahr 2000 lag der mittlere Verbrauch der Haushalte – mit 2 800 kWh/a – nicht wesentlich über dem Wert von 1980.

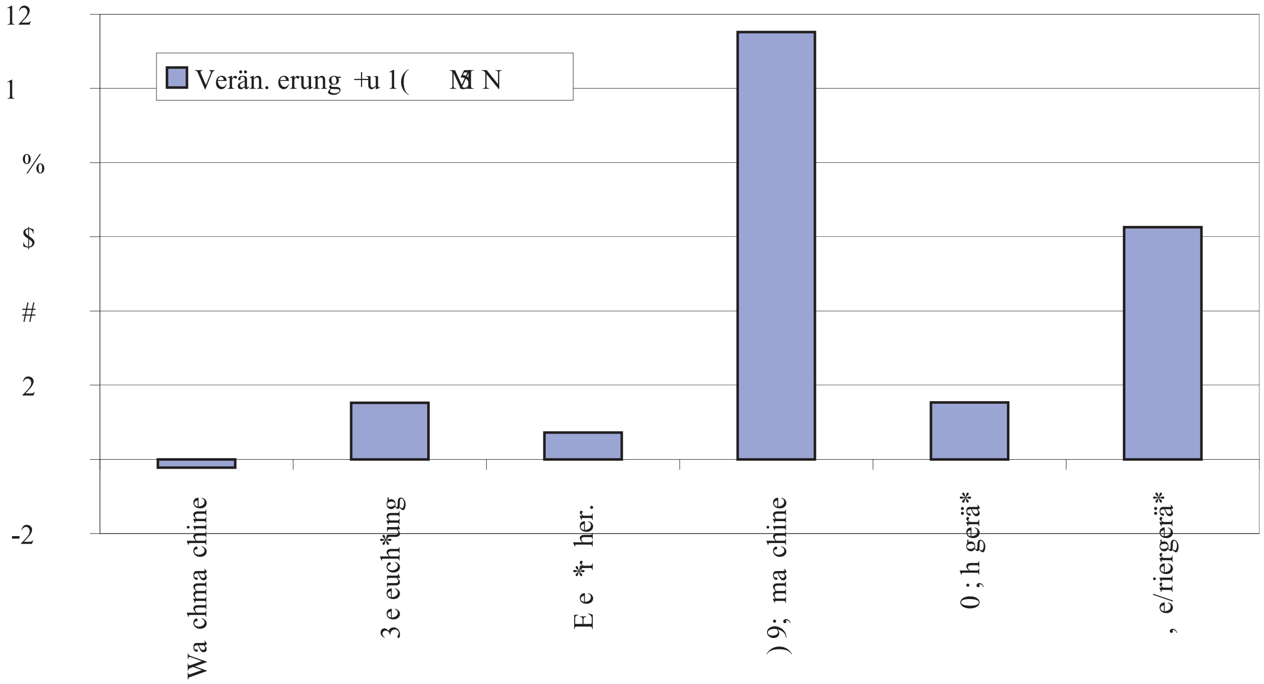
(572) Eine Aufschlüsselung des Wachstums nach Geräteklassen zeigt einen Verlauf, welcher der Entwicklung der Geräteausstattung der Haushalte folgt (Abbildung 4-13). Den deutlichsten Zuwachs verzeichnen hier Spülmaschinen (+1 152 % gegenüber 1970) und Gefriergeräte (+626 %). Auffällig ist der Verbrauchsrückgang bei den Waschmaschinen, der aus der bereits im Jahr 1970 hohen Marktsättigung und der höheren Energieeffizienz der Neugeräte resultiert.

(573) Wird der Entwicklung des Verbrauchs der Gesamtheit der Geräte die Entwicklung des spezifischen Geräteverbrauchs gegenübergestellt, so wird der starke Zuwachs der Haushaltsausstattung mit Spülmaschinen und Gefriergeräten deutlich. Obwohl der spezifische Verbrauch in beiden Geräteklassen innerhalb der letzten 20 Jahre um mehr als die Hälfte zurückging, stieg der Stromverbrauch in diesen Gerätegruppen drastisch an (Abbildung 4-14).

(574) In einer Untersuchung im Auftrag des Umweltamtes Bamberg[30] wurden die Stromsparpotenziale beispielhaft für einen 2-Personen-Haushalt ermittelt (Tabelle 4-28). Die

Abbildung 4-13

Entwicklung des Stromverbrauchs im Haushalt nach Gerätegruppen 1970–2000.



Index: 1970 = 100 %

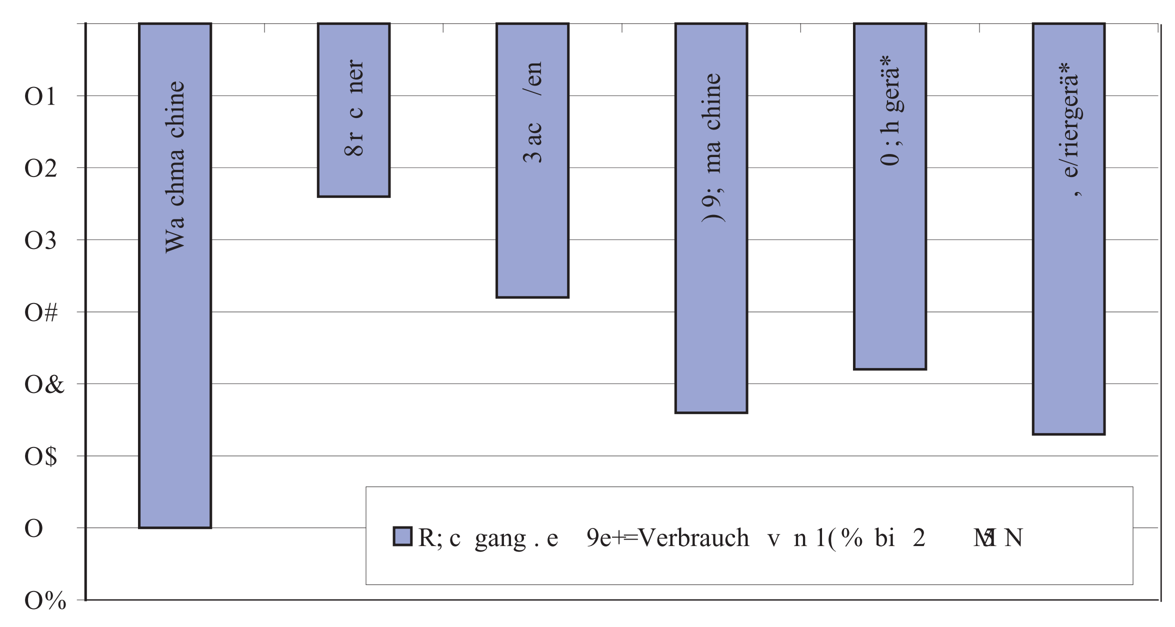
Quelle: VDEW-Marktforschung: Haushaltsprognosemodell für die Jahre 1970 und 2000

[29] VDEW (1998), HEA, Haushaltsstromverbrauch nach Anwendungsarten; http://www.hea.de/.

[30] Hessisches Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten (2001b).

Abbildung 4-14

Rückgang des spezifischen Stromverbrauchs neuer Einzelgeräte (1980 bis 2000)



Index: 1980 = 100 %

Quelle: Vortrag Dr. Sailer, Applied Engineering Conference, domotechnica; 03/2001, Köln

größten Einsparpotenziale ergaben sich bei den Gefriergeräten, mit einer möglichen Einsparung von 379 kWh/a bei Ersatz eines alten Gerätes durch ein besonders sparsames Gerät. Auch bei Kühlschränken und Spülmaschinen existiert ein erhebliches Potenzial zur Verbrauchsminderung. Obwohl die prozentual höchsten Einsparung im Bereich der Beleuchtung vorhanden sind, fällt die eingesparte Strommenge – aufgrund des geringeren Anteils der Beleuchtung am Gesamtstromverbrauch – mit 189 kWh/a deutlich niedriger aus.

Tabelle 4-28

Einsparpotenziale am Beispiel eines typischen 2-Personen-Haushaltes

Gerät	Altgerät	Neugerät	Einsparung	Bestgerät	Einsparung gegenüber Altgerät	Einsparung gegenüber Neugerät
	kWh	kWh	%	kWh	%	%
Kühlschrank	370	240	35,1	122	67	49,2
Gefriergerät	550	390	29,1	171	68,9	56,2
E-Herd	440	400	9,1	300	31,8	25
Spülmaschine	440	300	31,8	238	45,9	20,7
Waschmaschine	220	180	18,2	112	49,1	37,8
Fernseher	170	104	38,8	104	38,8	0
Beleuchtung	270	220	18,5	81	70	63,2
Heizungspumpe	290	230	20,7	125	56,9	45,7
Kleingeräte	150	120	20	90	40	25
Summen:	2 900	2 184	24,7	1 343	53,7	38,5

Quelle: Umweltamt Bamberg

(575) In der Gesamtheit betrachtet, zeigt das Einsparpotenzial eine Bandbreite von ca. 39 bis 54 %, abhängig von der Energieeffizienz der angeschafften Neugeräte.

(576) Auch das Institut für Wohnen und Umwelt untersuchte das Stromminderungspotenzial im Bereich der Haushalte. Der Vergleich von Alt- und Neugeräten für die vier stärksten Verbraucher im privaten Haushalt[31] ergab für die betrachteten Gerätegruppen eine mögliche Einsparung von etwa 61 % (Tabelle 4-29). Der größte Anteil wurde in dieser Untersuchung für Waschmaschinen ermittelt.[32]

(577) Elektroheizungen und elektrische Wassererwärmung sind mit gut 26 % am Stromverbrauch der privaten Haushalte beteiligt. Bei dieser Umwandlung von Strom in Wärme auf der Endverbraucherseite gilt es zu beachten, dass bereits zwei Drittel der Primärenergie bei der Stromerzeugung verloren gehen.[33] Im Vergleich dazu kann bei modernen Zentral- oder Etagenheizungen mit einem Wirkungsgrad von >85 % gerechnet werden. Bei einer kompletten Substitution von Elektroheizung und elektrischer Wassererwärmung ergibt sich, bezogen auf den Brennstoffeinsatz, ein Einsparpotenzial von gut 61 %. Durch die Energieeinsparverordnung (EnEV) von 2001 wird im Laufe der Zeit der Einbau von Elektroheizungen wesentlich erschwert, wodurch ein Teil dieses Einsparpotenzials erschlossen werden könnte.

Der wirtschaftliche Aspekt der Umsetzung der Einsparpotenziale am Beispiel eines Musterhaushaltes:

(578) Durch die Darstellung eines Musterhaushaltes soll gezeigt werden, wie im Erneuerungszeitpunkt durch energiesparende Bestgeräte und Lampen der Stromverbrauch gegenüber herkömmlichen Neugeräten reduziert werden kann. Der Erneuerungszeitpunkt ist der Zeitpunkt, an dem ohnehin die Entscheidung über eine Neuanschaffung (Ersatz des Altgerätes) ansteht (Tabelle 4-29).

(579) In der Ausgangssituation hat der aus zwei Personen bestehende Musterhaushalt einen jährlichen Stromverbrauch von 2 900 kWh. Bei einem Strompreis von 13,3 ct. pro Kilowattstunde fallen jährlich ca. 384 € für die Stromkosten an.

(580) Im Zuge einer Neuanschaffung bietet es sich an, ein besonders energieeffizientes Gerät zu wählen. Im Durchschnitt werden Haushaltsgeräte alle 10 bis 13 Jahre ausgetauscht. Durch den geringeren Stromverbrauch und die somit auch geringeren Stromkosten ist die zusätzliche Investition in ein Bestgerät häufig sehr wirtschaftlich. Unter wirtschaftlich wird hier verstanden, dass die eingesparte Kilowattstunde Strom weniger kostet als der Bezug einer Kilowattstunde. Die folgende Tabelle 4-30 zeigt die einzelnen Stromverbräuche und die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnung.

Tabelle 4-29

Einsparpotenzial der verbrauchsstärksten Gerätegruppen im Haushalt

Gerätegruppe	Altgerät	sparsames Neugerät	Verbrauchsminderung	Einsparpotenzial
	kWh/a	kWh/a	kWh/a	%
Kühl-/Gefriergerät	347	128	219	63,1
Spülmaschine	520	290	230	44,2
Waschmaschine (180 Waschvorgänge, 4-Personen-Haushalt)	540	198	342	63,3
Beleuchtung (Glüh-/Energiesparlampe)	340	62,3	277,7	81,7
Summen	1 747	678,3	1 068,7	61,2

Quelle: Hessisches Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten (2001b)

[31] Die hier betrachteten Gerätegruppen machen etwa 1/3 des gesamten Stomverbrauch der Haushalte aus.

[32] Die Untersuchung legt den Durchschnitt aller Haushalte zugrunde, wobei die Werte für Waschmaschinen auf einen 4-Personen-Haushalt bezogen sind. Hierdurch kommt es zu einer Übergewichtung dieses Anteils.

[33] Bezogen auf einen Wirkungsgrad von 33 % bei der Stromerzeugung, inkl. Netzverluste.

Tabelle 4-30

Einsparungen im Stromverbrauch am Beispiel eines Musterhaushaltes

Gerät	Altgerät	Einsparung Altgerät/ Neugerät	Einsparung Altgerät/ Bestgerät	Mehrkosten zu Neugerät	ct./kWh
	kWh	kWh	%		
Kühlschrank	370	130	248	77	6,51
Gefriergerät	550	160	379	82	3,74
E-Herd	440	40	140	153	15,36
Spülmaschine	440	140	202	77	12,39
Waschmaschine	220	40	108	82	12,05
Fernseher	170	66	66	0	0
Beleuchtung	270	50	189	64	4,61
Heizungspumpe	290	60	165	102	9,75
Kleingeräte	150	30	60	51	17,07
Summen:	2 900	716	1 557	688	8,19
Berechnungsannahmen: Zins 4 %, Lebensdauer 13 Jahre					

Quelle: Umweltamt Bamberg (2002)

(581) Je nach Anfangsausstattung des Haushaltes und den finanziellen Möglichkeiten differieren die Maßnahmen mit der größten Energieeinsparung. Das größte Minderungspotenzial liegt generell im Ersatz von Altgeräten durch Bestgeräte. Die größte Einsparung erreichen die Gefriergeräte mit 379 kWh pro Jahr (13 % des ursprünglichen Stromverbrauchs), gefolgt von Kühlschränken (8,6 %), Spülmaschinen (7 %) und der Beleuchtung (6,5 %). Alleine durch den Ersatz dieser vier Gerätegruppen durch Bestgeräte ließen sich gut 35 % des Stromverbrauchs einsparen. Bei Ersatz aller Altgeräte durch Bestgeräte beläuft sich die Einsparung auf 1 557 kWh pro Jahr (ca. 54 %).

(582) Besteht die Geräteausstattung anfänglich bereits durchweg aus Neugeräten, so liegt auch hier das bedeutendste Einsparpotenzial bei den Gefriergeräten (219 kWh/a, 10 % des anfänglichen Stromverbrauchs). Das zweitgrößte Potenzial findet sich bei dieser Ausgangslage im Bereich der Beleuchtung, mit 139 kWh/a (6,4 %), gefolgt von Kühlschränken und Heizungspumpen.

(583) Bei eingeschränkten finanziellen Möglichkeiten – d. h. hier, dass der Kauf eines Bestgerätes nicht finanzierbar ist – sollte auch zuerst der Ersatz eines alten Gefriergerätes durch ein Neugerät in Betracht gezogen werden. Die mögliche Einsparung beträgt 160 kWh/a, dies entspricht etwa 5,5 % des ursprünglichen Stromverbrauchs. Weitere große Einsparungen sind durch den Ersatz von Spülmaschinen, Kühlschränken und Fernsehgeräten möglich.

(584) Unabhängig von der Ausgangssituation zeigen sich die größten Einsparpotenziale bei den Gefriergeräten, bei denen Einsparungen von 5,5 bis ca. 13 % des gesamten Stromverbrauchs erreichbar sind. Über weitere Maßnahmen ist im Einzelfall, abhängig von der Ausgangslage und den verfügbaren finanziellen Mitteln, zu entscheiden.

(585) Es zeigt sich, dass vielfach die Anschaffung eines „Bestgerätes“ auch wirtschaftlich lohnend ist. Warum dann die Kaufentscheidung oft genug anders ausfällt, wird weiter unten im Abschnitt „Hemmnisse“ beleuchtet.

Stand-by-Schaltung

(586) Einen unnötigen Stromverbrauch stellt vielfach der durch Stand-by-Schaltungen verursachte Verbrauch dar. Die Mehrzahl moderner Elektrogeräte (Fernseher, Videorecorder, Hi-Fi-Anlagen, Radiowecker, Faxgeräte, Halogenlampen, schnurlose Telefone, Anrufbeantworter, Homecomputer, Drucker etc.) hat sogenannte Stand-by- oder Bereitschaftsfunktionen. Viele dieser „modernen“ Geräte besitzen keine echten Aus-Schalter mehr. Letztendlich führen Stand-by-Schaltungen oft dazu, dass der Stromverbrauch von Geräten aus dem Wahrnehmungsfeld der Benutzer rückt und so die Tendenz zur Netzfreischaltung der Geräte deutlich reduziert, im Falle von Geräten ohne echten Aus-Schalter sogar fast unmöglich wird (Tabelle 4-31).

(587) Betrachtet man den Stromverbrauch verschiedener Geräte der Unterhaltungselektronik, so fällt der hohe Anteil des Stand-by-Verbrauchs auf, der bei Videorecordern und Hi-Fi-Anlagen sogar den deutlich überwiegenden Anteil ausmacht (Tabelle 4-31).

(588) Die Gemeinschaft Energielabel Deutschland beziffert den jährlichen Stromverbrauch von Geräten im Stand-by-Modus in Deutschland mit 73,8 PJ/a (inklusive

Tabelle 4-31

Betriebs-/Stand-by-Stromverbrauch von Geräten der Unterhaltungselektronik

Gerät	Leistung	Betriebsstunden	Jahresstrom-verbrauch	Anteil des Stand-by-Verbrauchs
	W	h/Tag	kWh/a	%
Fernsehgerät Betrieb	60	5	110	
Stand-by	12	19	83	43
Videorecorder Betrieb	50	1	18	
Stand-by	15	23	126	87,5
Hifi-Anlage Betrieb	40	2	29	
Stand-by	12	22	96	76,8

Quelle: „Das Lehrbuch gegen den Leerlauf", ASEW, Köln, 04/1998

Gewerbe). Dies sind etwa 4,3 % des gesamten bundesdeutschen Stromverbrauchs des Jahres 2000. Zum Vergleich: der Verbrauch einer Großstadt wie Berlin beträgt etwa 50 PJ/a.[34] Eine weitere Quelle gibt den Stand-by-Verbrauch im Haushaltssektor mit 50 PJ/a an, was ca. 3 % des deutschen Stromverbrauchs ausmacht.[35]

(589) Ursache für die hohen Verluste sind oft ineffiziente Netzgeräte oder Schalterkonstruktionen, die das Gerät im Schein-Auszustand lediglich auf der Niederspannungsseite des Trafos schalten. Bei Videogeräten, die meist dauerhaft „eingeschaltet" sind, kann der Stand-by-Verbrauch das 19fache des Betriebsverbrauchs ausmachen.[36]

(590) Zur Verringerung der Stand-by-Verbräuche bestehen etliche, sowohl technische als auch verhaltensorientierte Optionen.

(591) Es gibt viele Möglichkeiten den Stand-by-Verbrauch der Geräte abzusenken. Beispiele hierfür sind die Verwendung von getakteten Netzteilen (Switch-Mode-Netzteile), effizientere Transformatoren, Wiedereinführung von echten Aus-Schaltern (d. h. Einbau von Netzschaltern an der Netzspannungsseite) oder das Abschalten nicht benötigter Gerätekomponenten. Schließlich kann bei vorhandenen Geräten ein verändertes Verhalten der Verbraucher (z. B. Stecker ziehen oder Verwendung von schaltbaren Netzsteckerleisten etwa für Bürogeräte) einen großen Teil der Energie einsparen. Insbesondere in Haushalten lassen sich auf diese Weise leicht über 80 % des Stand-by-Verbrauchs vermeiden. Auch für Bürogeräte und andere Geräte der IuK-Technologien existieren erprobte Techniken zur Minderung des Bereitschaftsverbrauchs. Die Integration von Solarzellen in die Geräte (wie bereits in Uhren, Taschenrechnern und -lampen etc.) zur Deckung verbleibender minimierter Stand-by-Verbräuche könnte ebenfalls eine interessante Option darstellen.

Weitere Möglichkeiten und Aussichten

Beleuchtung: Tageslichtnutzung, effiziente Leuchtmittel, LED

(592) Weitere Potenziale können durch die verstärkte Nutzung von Tageslicht (siehe Solararchitektur) in Kombination mit Regelungstechnik, effizienteren Leuchtmitteln und weiterentwickelten Leuchtdioden gehoben werden. Eine Zusammenfassung der technischen und wirtschaftlichen Einsparpotenziale geht aus Tabelle 4-32 hervor.

(593) Das Paul-Drude-Institut in Berlin forscht als einziges deutsches Institut (zum Vgl.: Japan verfügt über plus 26 %, die USA über plus 40 % der Forschungsmittel!) an „weißen Dioden", die bei gleicher Helligkeit nur noch einen Bruchteil der bisher benötigten Energie bei wesentlich höherer Lebensdauer der Lampen verbrauchen. Die Einführung dieser „weißen Dioden" würde im Beleuchtungssektor einen echten weiteren Effizienzsprung bedeuten. Bis zur Marktreife ist jedoch noch Forschung nötig. Erste Prototypen werden allerdings bereits in der Praxis getestet.

Steuer- und Regelungselemente

(594) Der Einsatz von Steuer- und Regelungselementen bietet sich für Beleuchtungsanlagen im Kleinverbrauchssektor und in der Industrie an. Durch die Verwendung von Präsenzmeldern und Helligkeitssensoren sowie automatischen Steuerungselementen kann das bereitgestellte Licht an Tageslichtverhältnisse und den tatsächlichen Bedarf angepasst werden. Das Einsparpotenzial wird mit ca. 50 % angegeben.[37] Für Optimierungen in Hinblick auf Installa-

---

[34] Gemeinschaft Energielabel Deutschland, http://www.energielabel.de (2002).

[35] Rath u. a. (1997), OECD/IEA (2001b).

[36] Rosen u. a. (2000).

[37] WI/Öko-Institut (2000).

Tabelle 4-32

Endenergieverbrauch und technische Einsparpotenziale bei der Beleuchtung

Lampentyp	Glühlampen	Leucht-stofflampen	Kompakt-leucht-stofflampen	Metalldampf- u. Halogen-Lampen	Summe für alle Lampen-typen
Verbrauch Endenergie 1998	39,6 PJ	76,3 PJ	11,2 PJ	61,0 PJ	188,1 PJ
Einsparpotenzial durch technische Verbesserung der einzelnen Technologien	–	15,3 PJ	0,6 PJ	6,1 PJ	22,0 PJ
durch technische Verbesserung reduzierter Verbrauch	39,6 PJ	61 PJ	10,6 PJ	54,9 PJ	166,1 PJ
Einsparpotenzial durch Substitution der Glühlampen durch Kompaktleuchtstofflampen und von 50 % der Halogenlampen durch Leuchtdiodenlampen	33,3 PJ	–	–	14,4 PJ	47,7 PJ
durch Substitution reduzierter Verbrauch					118,4 PJ
Einsparpotenzial durch Tageslichtnutzung					23,7 PJ
Einsparpotenzial durch Steuerung und Regelung					47,4 PJ
weiteres Einsparpotenzial durch manuelles Schalten					4,8 PJ
Verbrauch unter Einbeziehung aller technischen Maßnahmen und Verhaltensmaßnahmen					43,0 PJ

tion, Bedienerfreundlichkeit und Kosten besteht noch einiger Spielraum. Neben dem Strombedarf für Beleuchtung selbst, sinkt durch eine integrierte Steuerung als Sekundäreffekt auch der Energiebedarf für Klimatisierung. Der Einsatz von Energiemanagementsystemen auch im Haushaltsbereich wird in ersten Pilotprojekten untersucht und verspricht erhebliche Einsparungen vor allem beim Wärmebedarf (vgl. Köpenicker Wohnungsbaugesellschaft, Berlin (2002) und Kasten 4-2).

Hemmnisse

(595) Der vollständigen Substitution des Bestandes durch energieeffizientere Technologien und Geräte stehen eine Reihe von Hemmnissen entgegen. Trotz vielfältiger, anerkannt wirtschaftlicher Potenziale treffen die angebotenen technologischen Lösungen nicht auf die nötige Nachfrage durch den Verbraucher. Dabei scheinen – neben dem oft als unerheblich eingeschätzten spezifischen Energieverbrauch einzelner Anwendungsfälle und der Uninformiertheit des Verbrauchers bei Geräten ohne Energieverbrauchskennzeichnung – vor allem ästhetische Gesichtspunkte der entscheidende Faktor zu sein. Dies wird durch die enorme Heterogenität der Nachfrageseite noch verschärft. Im gewerblichen Bereich treten darüber hinaus Faktoren wie das Investor-Nutzer-Dilemma hinzu, das eine effiziente aber kostenintensivere Grundausstattung – u. a. mit Steuerungssystemen – insbesondere im Gebäudebestand behindert. Bemerkbar macht sich hier auch die fehlende Kooperation und Koordination zwischen Herstellern einzelner Komponenten (z. B. Lampen versus Leuchten) sowie zwischen Bauplanern, Architekten und Innenausstattern.

(596) In vielen Bereichen ist der Energiebedarf kein kaufentscheidendes Kriterium, wobei die meist noch fehlende Kennzeichnung des Energieverbrauchs vor dem Hintergrund der positiven Erfahrungen z. B. bei Kühl- und Gefriergeräten dem Kunden ein energiebewusstes Handeln zusätzlich erschwert. Für viele Haushalte stellt die Anschaffung eines Bestgerätes einen finanziellen Aufwand dar, der trotz der langfristigen Wirtschaftlichkeit nur zu bewältigen ist, wenn ein billiges Gerät gewählt wird.

Beleuchtung

(597) Die Tatsache, dass sich die vorhandenen Optionen im Bereich Beleuchtung bisher nicht allgemein durchsetzen konnten, deutet auf das Vorliegen einer Reihe von Hemmnissen hin. Besonders deutlich werden diese im Fall von Kompaktleuchtstofflampen. Aufgrund des noch höheren Anschaffungspreises von Energiesparlampen entsteht zum Zeitpunkt des Kaufentscheids oftmals ein aus der Preisdifferenz gewonnener Eindruck der Unwirtschaftlichkeit. Angesichts der Anfangsinvestition verblasst der langfristige finanzielle Gewinn im Bewusstsein der Käufer. Außer schlechten Erfahrungen mit Energiesparlampen minderer Qualität bzw. deren geringer Lebensdauer halten oft auch ästhetische und praktische Gründe vom Kauf ab: Die weit verbreitete Fehlannahme vom „kalten Licht“ schreckt ab und oft fehlt ein ansprechendes oder in der Größe passendes Design.

(598) Trotz zahlreicher Kampagnen und Anreizprogramme konnten diese Bedenken bei der Mehrzahl der Verbraucher bisher noch nicht ausreichend überwunden werden, woraus sich weiterer Entwicklungs- und Informationsbedarf ableiten lässt.

(599) Die Hemmnisstrukturen für Effizienzsteigerungen im Beleuchtungsbereich können als beispielhaft für viele Technologien der Energienachfrageseite gelten.

Stand-by

(600) Als ein Hemmnis muss gelten, dass die bei Endgeräten im Einzelfall geringen Einsparungen nicht zu Neuanschaffungen unabhängig vom Investitionszyklus motivieren. Sie lösen auch keine gezielte Nachfrage bei Händlern oder Herstellern aus, die daher in der Regel bisher keinen Anreiz hatten, auf die Effizienz der Gerätekomponenten zu achten oder sie sogar zu kennzeichnen. Der Kunde kann folglich in den wenigsten Fällen differenzieren. Öffentliche Informationskampagnen und Labels könnten jedoch dazu beitragen (s. auch die Stand-by-Kampagne der Energiestiftung Schleswig-Holstein), einen sukzessiven Wandel des Marktes zu erreichen. Der Stand-by-Verbrauch des großen Altgerätebestandes kann schließlich, wenn überhaupt, nur durch entsprechend verändertes Anwenderverhalten verringert werden. Dem stehen häufig individuelle Kosten-Nutzen-Abwägungen entgegen.

4.3.2 Potenziale und Optionen im Sektor Industrie

Vorbemerkung

(601) Die folgende Synopse stützt sich auf die Potenzialanalyse des FhG-ISI.[38] Die dort aufgeführten Daten zu Einsparpotenzialen sind dabei hinsichtlich Umfang, Vollständigkeit und Detaillierung nur begrenzt aussagefähig und lassen in vielen Aspekten keine weitergehende Auswertung zu. Da die aufgeführten Potenziale bei den Querschnittstechnologien nur einen Teil des industriellen Energieverbrauchs in diesem Bereich erfassen, wurden die Abschätzungen zu Querschnittstechnologien mit eigenen Angaben ergänzt.

4.3.2.1 Ausgangslage

4.3.2.1.1 Zielsetzung und Handlungsbedarf

(602) Der Sektor Industrie ist aufgrund seines Anteil von gut 25 % am bundesdeutschen Energieverbrauch und seiner volkswirtschaftlichen Bedeutung ein wichtiger Handlungsbereich der Energie- und Klimapolitik. Die im folgenden zusammengefassten Potenzialanalysen im Rahmen des Studienprogramms der Kommission[39] zeigen, wie auch die Aussagen der Expertenanhörung,[40] dass ungeachtet der in der Vergangenheit erreichten Einsparungen weiterhin wirtschaftliche Möglichkeiten zur Senkung des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen vorliegen.

(603) Vor diesem Hintergrund der mittlerweile hinlänglich abgesicherten technoökonomischen Potenzialanalysen stellt sich somit nicht mehr die Frage, „ob“ Einsparmöglichkeiten vorhanden sind, sondern „wie“ diese realisiert werden können und „welche Ansatzpunkte“ sich für die Gestaltung von Maßnahmen anbieten. Die Ergebnisse der Potenzialanalyse unterstreichen dabei die herausragende Bedeutung von integrierten Ansätzen zur Reduzierung der Energie- und Stoffströme im Sektor Industrie, die auch in Kapitel 4.3.8 „Materialeffizienz“ des Endberichts behandelt werden. Ebenso wird deutlich, dass die umfassende Realisierung der Einsparpotenziale weitreichende verhaltens- und organisationsbezogene Veränderungen im Unternehmen erfordern, was die Relevanz der in Kapitel 4.3.9 betrachteten Themen für den Sektor Industrie betont.

(604) Vor diesem Hintergrund wird im Folgenden ein Überblick über die Struktur des Energieverbrauchs, der Einsparpotenziale und den Umfang der technischwirtschaftlichen Minderungsoptionen gegeben. Auf dieser Grundlage werden erste Hinweise für die Gestaltung von energiepolitischen Maßnahmen und Handlungsstrategien (vgl. auch Kapitel 6 und 7) abgeleitet.

4.3.2.1.2 Zentrale Kennzeichen des Sektors Industrie

(605) Die Entwicklung des Energieverbrauchs in der Industrie ist in den Neunzigerjahren entscheidend vom „Wiedervereinigungseffekt“ geprägt worden. Mit dem Niedergang der Industrie in den neuen Bundesländern kam es von 1990 bis 1993 auch zu einem drastischen Verbrauchseinbruch: Der industrielle Endenergieverbrauch war 1993 um 18 % niedriger als drei Jahre zuvor; danach bewegte er sich nahezu unverändert auf einem Niveau von rund 2 400 PJ (Abbildung 4-15).

(606) Der nahezu gleichbleibende industrielle Endenergieverbrauch ging nach 1993 einher mit einer industriellen Wertschöpfung, die bis 2000 immerhin um insgesamt rund 22 % oder um 2,9 % im jährlichen Mittel zunahm.

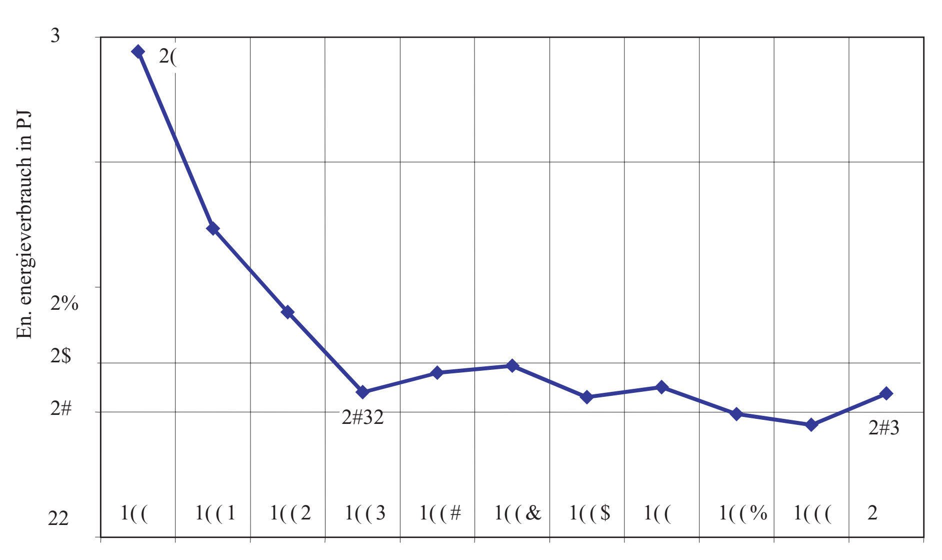
[38] Potenzialstudie.

[39] Potenzialstudie.

[40] Bradke (2001), Kruska (2001).

Abbildung 4-15

Entwicklung des Endenergieverbrauches in der Industrie



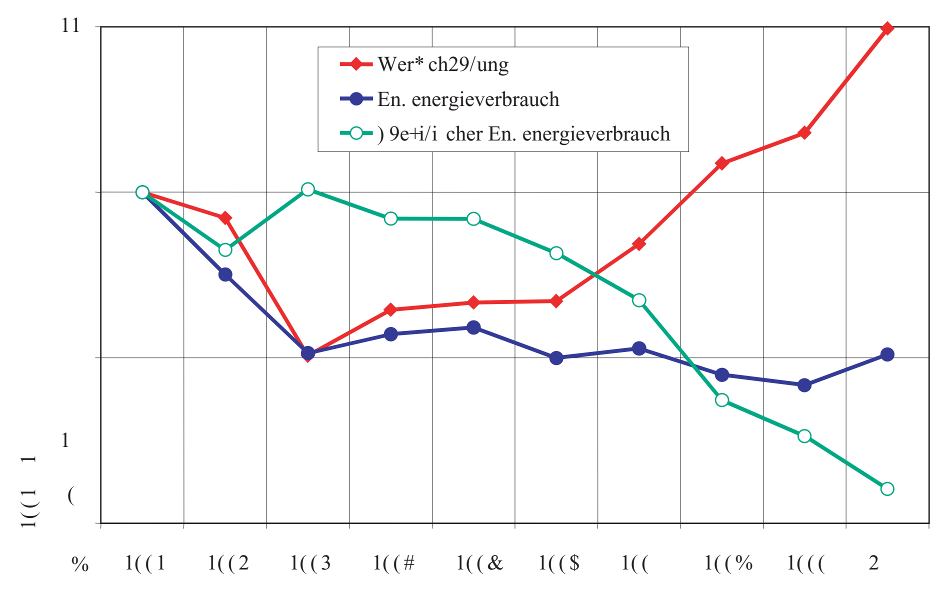
Quelle: AG Energiebilanzen

Entsprechend verringerte sich der spezifische Endenergieverbrauch von 1993 bis 2000 um rund 18 % oder um 2,8 % p. a.

(607) Eine vom Verlauf her ähnliche Entwicklung vollzog sich zunächst auch beim industriellen Stromverbrauch, der Anfang der neunziger Jahre noch deutlich zurückging, dann aber wieder spürbar anstieg. Allerdings war der Stromverbrauchszuwachs mit rund 10 % (1,4 % p. a.) von 1993 bis 2000 geringer als das Produktionswachstum, so dass es auch hier zu einer Reduktion der spezifischen Verbrauchswerte kam. So war der spezifische Stromverbrauch im Jahre 2000 um fast 10 % niedriger als 1993 (Abbildung 4-16 und 4-17).

Abbildung 4-16

Wertschöpfungsvolumen, absoluter und spezifischer Endenergieverbrauch in der Industrie in Deutschland von 1991 bis 2000

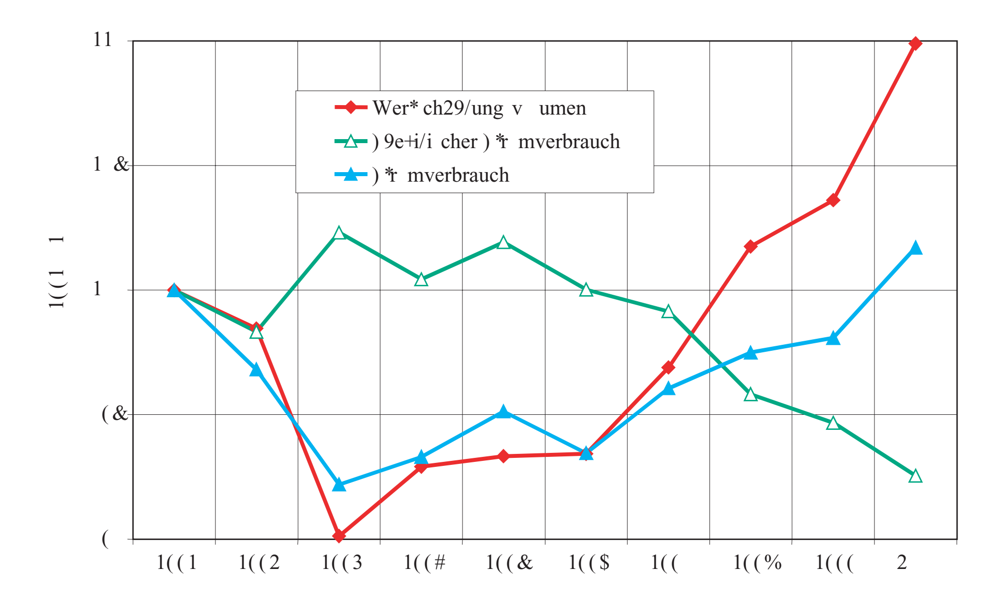


Quellen: AG Energiebilanzen, DIW

Abbildung 4-17



Wertschöpfungsvolumen, absoluter und spezifischer Stromverbrauch in der Industrie in Deutschland von 1991 bis 2000



Quelle: DIW

(608) Insgesamt ist die Industrie gegenwärtig (2000) mit rund 2 430 PJ oder mit 26,5 % am gesamten Endenergieverbrauch in Deutschland beteiligt; im Vergleich zu 1990, als es noch fast 3 000 PJ oder reichlich 31 % waren, hat also das Gewicht der Industrie erheblich abgenommen (Tabelle 4-33). Heute rangiert der Bereich hinter den privaten Haushalten (knapp 28 %) und dem Verkehr (rund 30 %).

(609) Bei den in der Industrie eingesetzten Energieträgern überwiegen die Gase mit einem Anteil von fast 39 % (2000) vor der elektrischen Energie mit rund 31 % und

Tabelle 4-33

Merkmale des Sektors Industrie bezogen auf den Energieverbrauch und die CO_2-Emissionen: Ist-Entwicklung und Tendenzen unter Referenzbedingungen (vgl. Kapitel 4.2)

	Einheit	1990	1995	2000	Zukünftige Tendenzen	
					2000/2020	2020/2050
Energieverbrauch	PJ	2 977,0	2 474,0	2 430,0	↗	↘
Anteil am gesamten Endenergieverbrauch	%	31,4	26,5	26,5	↗	↘
Energieträgerstruktur						
Kohlen	%	29,7	19,9	18,8	↘	↘
Mineralölprodukte	%	10,3	12,0	8,8	↘	↘
Gase	%	31,5	37,6	38,8	→	→
Strom	%	25,1	27,7	31,1	↗	↗
Fernwärme	%	3,4	2,8	2,5	↗	↗
CO_2-Emissionen	Mio. t	169,7	127,0	118,0	↘	↘
Anteil an den energiebedingten CO_2-Emissionen insgesamt	%	17,2	14,5	14,2	↘	↘

Quellen: AG Energiebilanzen, VDEW, DIW

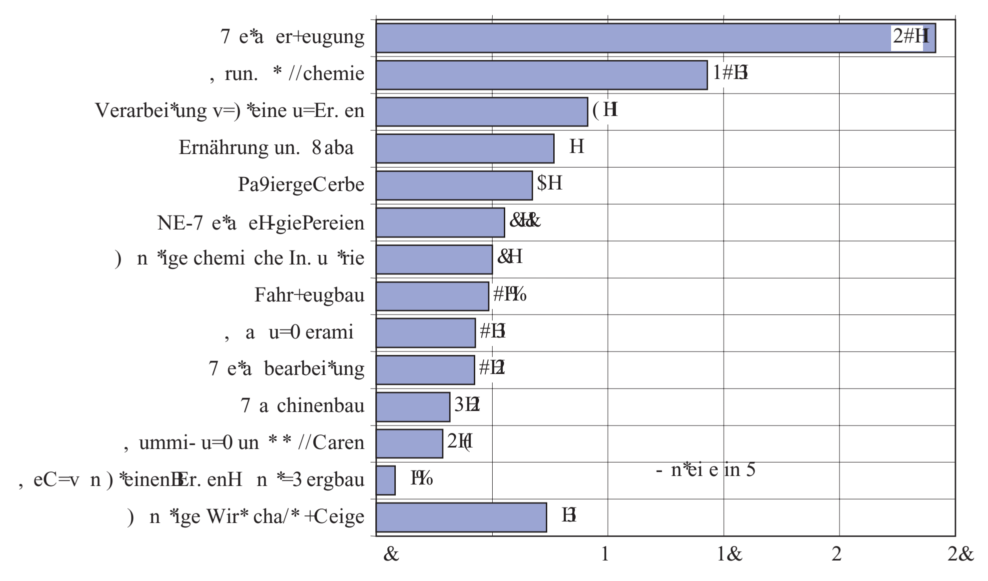
den Kohlen mit knapp 19 %. Mineralölprodukte spielen mit weniger als 9 % nur eine vergleichsweise geringe Rolle, und auf die Fernwärme entfallen lediglich 2,5 %. Dabei hat sich die Energieträgerstruktur in den vergangenen zehn Jahren deutlich zu Gunsten der Gase und der elektrischen Energie, aber insbesondere zu Lasten der Kohlen verändert.

(610) Innerhalb der Industrie entfallen die höchsten Verbrauchsanteile auf die Metallerzeugung (Anteil 1998: 24,1 %), die Grundstoffchemie (14,3 %) und die Verarbeitung von Steinen und Erden (9,1 %). Mit Anteilen von 5 % und mehr folgen die Wirtschaftszweige Ernährung und Tabak, Papiergewerbe, NE-Metalle, -gießereien und die sonstige chemische Industrie s. o. (Abbildung 4-18).

(611) Nach Anwendungszwecken strukturiert, dominiert der Energieeinsatz für die sonstige Prozesswärme (66 %) vor der mechanischen Energie (21 %) und der Raumwärme (10 %). Der Energieeinsatz für die Beleuchtung und für die Warmwasserbereitung spielt nur eine untergeordnete Rolle (Abbildung 4-19).

Abbildung 4-18

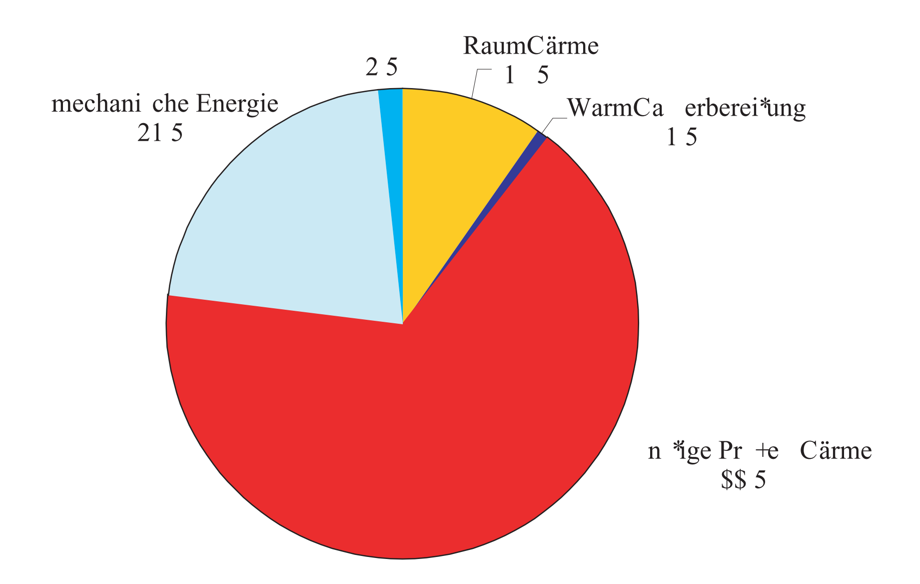
Struktur des industriellen Endenergieverbrauchs nach Wirtschaftszweigen in Deutschland im Jahre 1998



Quelle: AG Energiebilanzen

Abbildung 4-19

Endenergieverbrauch im Sektor Industrie nach Anwendungszwecken im Jahre 2000



(612) Die direkten CO_2-Emissionen in der Industrie haben sich im Verlauf der Neunzigerjahre deutlich vermindert: Im Jahre 2000 waren sie um beinahe 52 Mio. t oder um gut 30 % niedriger als 1990. Dadurch sank auch der Anteil an den gesamten energiebedingten CO_2-Emissionen, und zwar von 17,2 % (1990) auf 14,2 % (2000). Allerdings hat sich die Reduktion seit 1993 erheblich abgeschwächt, so dass sich seither kein signifikanter Anteilsrückgang mehr ergeben hat.

Entwicklung des sektoralen Energieverbrauchs und der sektoralen CO_2-Emissionen (sektorales Referenzszenario)

(613) Nach den Ergebnissen des Referenz-Szenarios (vgl. Kapitel 4.2 und Tabelle 4-33) könnte der industrielle Endenergieverbrauch bis 2010 noch etwas zunehmen (gegenüber 2000 um knapp 4 %), dann aber kontinuierlich sinken. Im Jahre 2050 dürfte er um etwa 5 % geringer sein als 2000. Dagegen wird der Verbrauch von Erdgas und Strom auch noch 2050 höher sein als 2000.

(614) Die CO_2-Emissionen dürften in Zukunft kontinuierlich abnehmen. Im Jahre 2050 könnten sie gegenüber 1999 um rund 38 % und im Vergleich zu 1990 um etwa 55 % niedriger sein. Der Anteil der direkten CO_2-Emissionen in der Industrie an den gesamten energiebedingten CO_2-Emissionen dürfte Mitte des Jahrhunderts nur noch 12,6 % betragen.

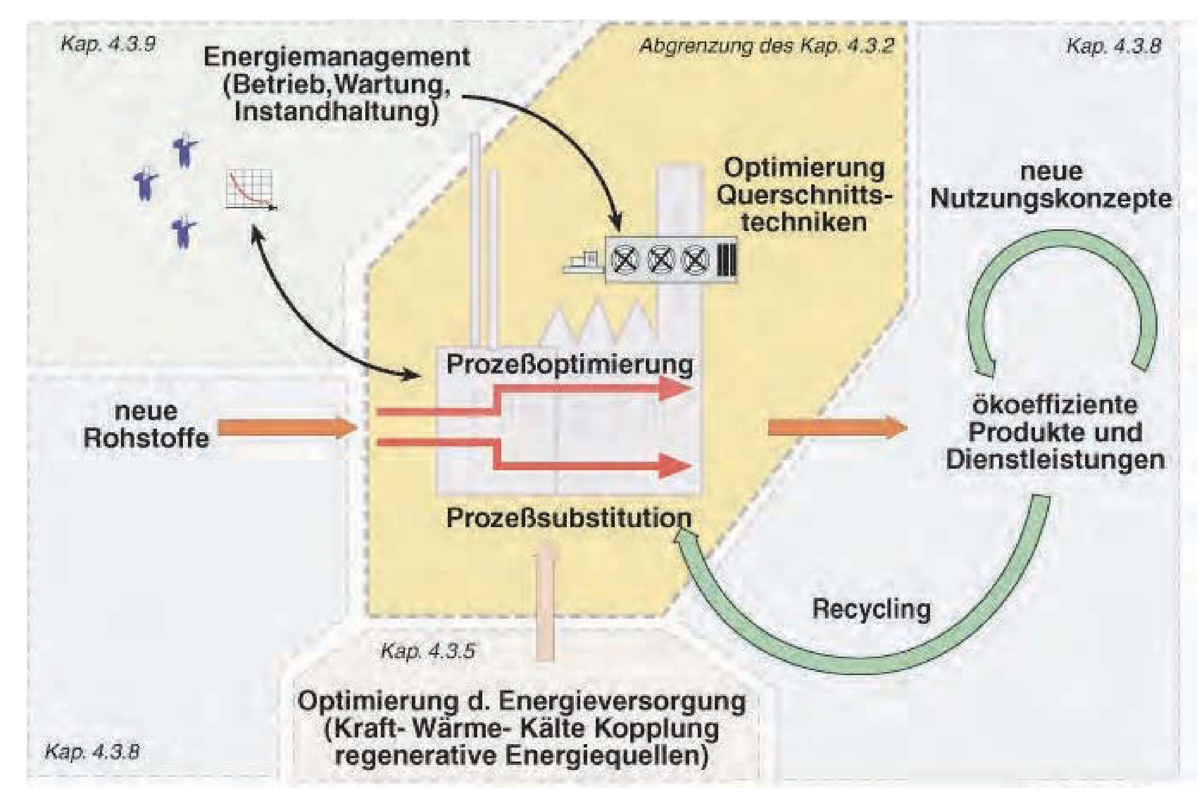
4.3.2.1.3 Handlungsbereiche bei der Struktur des Energieverbrauchs und den Anwendungstechniken

(615) Der Sektor Industrie ist durch eine große Heterogenität von energierelevanten Technologien gekennzeichnet, deren Art, Bedeutung und konkreten Einsatzbedingungen von den sich zwischen Unternehmen ebenfalls stark unterscheidenden spezifischen Randbedingungen der Branchen und Unternehmen abhängen. Die damit verbundenen vielfältigen Handlungsmöglichkeiten zur Senkung des Energie- und Ressourcenverbrauchs lassen sich in vier zentrale Handlungsbereiche unterteilen (Abbildung 4-20):

- Steigerung der Energieeffizienz bei Produktionsprozessen und Querschnittstechnologien,
- Senkung des Energieverbrauchs durch Optimierung von Materialströmen und durch ökoeffiziente Produkte und Dienstleistungen,
- Nutzung verhaltensbedingter Einsparpotenziale im Rahmen eines effektiven Energiemanagements,

Abbildung 4-20

Darstellung der vier Handlungsbereiche zur Senkung des Energie- und Ressourcenverbrauchs in der Industrie



Quelle: Rahmesohl (2002)

– Optimierung der betrieblichen Energieversorgung durch Ausbau der Kraft-Wärme (Kälte)-Kopplung und verstärkten Einsatz erneuerbarer Energien.

(616) Im Rahmen der Gliederung des Endberichts beschränkt sich die folgende Synopse auf die Darstellung der Handlungsoptionen im Bereich der Prozess- und Querschnittstechniken, während die für den industriellen Energieverbrauch äußerst wichtigen Handlungsbereiche „verhaltensbedingte Einsparpotenziale“ (Kapitel 4.3.9), „Materialeffizienz“ (Kapitel 4.3.8) und der „Umwandlungssektor“ (Kapitel 4.3.5) an anderer Stelle behandelt werden. Ungeachtet dieser analytischen Trennung erfordert allerdings die betriebliche Praxis, die vorhandenen Einsparpotenziale durch ein ganzheitliches Vorgehen in allen vier Handlungsbereichen zu erschließen. Aufgrund der Komplexität der technologischen, wirtschaftlichen und organisatorischen Wechselwirkungen zwischen Produktgestaltung, Rohstoffwahl, Prozessoptimierung, Energieversorgung (inkl. Abwärme- und Reststoffnutzung) sowie den verhaltensbezogenen Grundlagen für betriebliche Innovationen müssen Maßnahmen in einen integrierten Ansatz eingebunden werden.

(617) In der Potenzialanalyse werden im Bereich der Prozess- und Querschnittstechniken Elektrotechnologien (3 % Anteil am Endenergieverbrauch der Industrie im Jahr 1998), Querschnittstechniken (50 %) und thermische Anwendungen (Prozesswärme, 47 %) unterschieden.[41] In Abbildung 4-21 ist die Struktur des in der Potenzialanalyse erfassten industriellen Endenergieverbrauchs im Jahr 1998 detaillierter dargestellt.

4.3.2.2 Zusammenfassung der Effizienzpotenziale und Einspartechniken im Bereich der Prozess- und Querschnittstechniken

Zusammenfassende Darstellung der technischen und wirtschaftlichen Potenziale

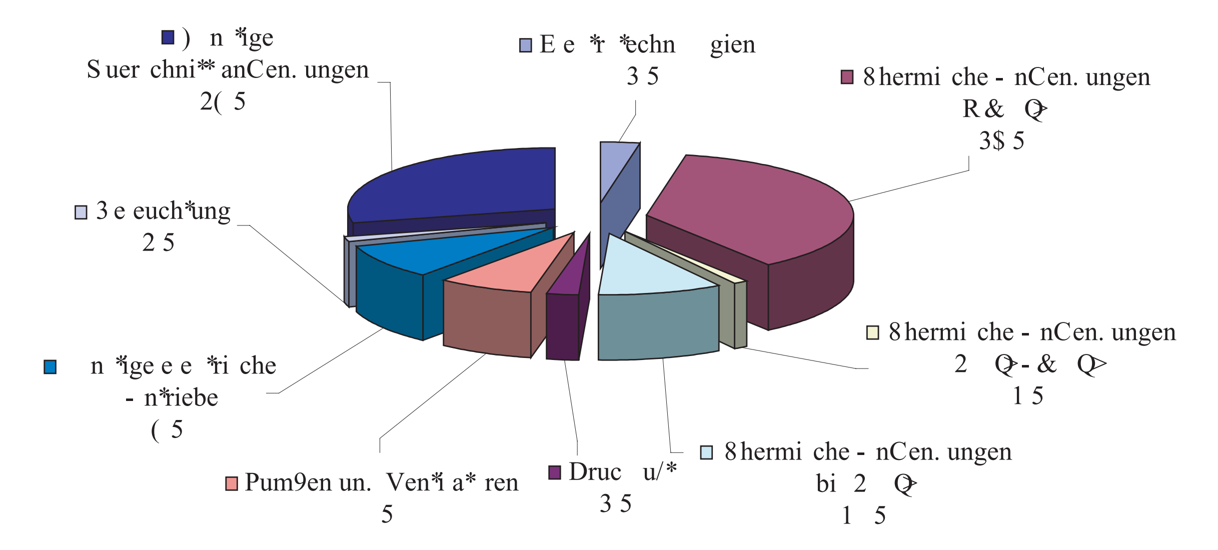
(618) In Tabelle 4-35, wird eine Übersicht über die in der Potenzialstudie für die Industrie identifizierten Energieeffizienzpotenziale einschließlich der für die Industrie relevanten Querschnittstechnologien gegeben.

(619) Die Synopse stellt für 38 energieintensive Industrieprozesse die heute bekannten technischen und wirtschaftlichen Energieeffizienzpotenziale dar.[42] Diese 38 Prozesse umfassen einen Energieeinsatz von 1 215 PJ, was 50 % des industriellen Endenergieeinsatzes im Jahr 1998 entspricht. Die ermittelten Einsparpotenziale belaufen sich auf 191 PJ bzw. etwa 16 %. Als wirtschaftliches Potenzial wird eine Größenordnung von insgesamt 64 bis 88 PJ bzw. 5,2 bis 7,2 % angegeben.

(620) Neben diesen prozessspezifischen Einsparpotenzialen ergeben sich in der Industrie weitere Einsparmöglichkeiten durch die Energieeinsparungen bei Querschnittstechnologien in den Bereichen Druckluft, Pumpen, weitere elektrische Antriebe, Beleuchtung etc. Die Potenzialstudie gibt die spezifischen Einsparungen für Druckluft bzw. Pumpen und Ventilatoren mit 47,9 bzw. 25 % sowie für elektrische Antriebe und Beleuchtung mit 11,3 bzw. 77,2 % an.

Abbildung 4-21

Darstellung der Struktur des in der Potenzialanalyse erfassten industriellen Endenergieverbrauchs im Jahr 1998



[41] Potenzialstudie.

[42] Die Oxygenstahlerzeugung wird hier aufgrund der schwierigen Abgrenzung ihres Energieeinsatzes nicht mit berücksichtigt.

Kasten 4-5

Anmerkungen zu Kosten und Wirtschaftlichkeit

Die Zusammenstellung der Einsparpotenziale in der Potenzialstudie bezieht sich auf das Kriterium der Amortisationszeit, ohne eine explizite Wirtschaftlichkeitsdefinition für Effizienztechnologien anzugeben. Amortisationszeiten bis zu etwa 5 Jahre werden als „wirtschaftlich“ angesehen, während Zeiten darüber i. d. R. als nicht die „Wirtschaftlichkeitskriterien der Industrie“ erfüllend und dementsprechend „unwirtschaftlich“ eingestuft werden (siehe unten). Sofern Angaben vorliegen, betragen die Amortisationszeiten der als nichtwirtschaftlich betrachteten restlichen technischen Potenziale selten mehr als 10 bis 12 Jahre. Dies liegt insgesamt deutlich unter den jeweiligen Abschreibungszeiträumen, so dass offenbar der größte Teil der zusammengestellten technischen Potenziale überwiegend über die Lebensdauer abgeschrieben werden kann. Aus **volkswirtschaftlicher Sicht** kann insofern vereinfachend für die gesamten technischen Potenziale eine Wirtschaftlichkeit angenommen werden.

Es muss an dieser Stelle betont werden, dass die Fokussierung auf das Kriterium der Amortisationszeit keine Aussagen zur Wirtschaftlichkeit im engeren Sinne zulässt (siehe unten). Wie in Tabelle 4-34 dargestellt, bedeutet bei technischen Anlagen mit bis zu 10 Jahren Nutzungsdauer die – in der Praxis alltägliche – Forderung einer 2–3-jährigen Amortisationszeit eine extrem hohe implizite Renditeerwartung von 40 % und mehr. Vor diesem Hintergrund scheitern profitable Effizienzinvestitionen mit längerer Amortisationszeit also nicht an mangelnder Wirtschaftlichkeit, sondern an einer Reihe von anderen Hemmnissen wie Kapitalverfügbarkeit, Zeitknappheit der Entscheidungsträger, mangelnde Aufmerksamkeit usw., die zielgruppenspezifisch adressiert werden müssen (vgl. Kapitel 4.3.1).

Wirtschaftlichkeitskriterien

Das eindeutigste Kriterium zur einzelwirtschaftlichen Beurteilung von Investitionen ist das **Kapitalwertkriterium** als dynamisches Investitionsrechenverfahren. Setzt man als Nutzungsdauer der Investition ihre Lebensdauer an, so entspricht die Anwendung dieses Kriteriums dem volkswirtschaftlichen Wirtschaftlichkeitsbegriff (allerdings ohne Einbeziehung externer Kosten).

Unter definierten Rahmenbedingungen (vor allem nur ein Vorzeichenwechsel der Zahlungsreihe) ist auch das Kriterium des **internen Zinsfußes** aussagekräftig.

Will man **zusätzlich** dem Risikoaspekt einer Investition Rechnung tragen, ist das Kriterium der (statischen) **Amortisationsdauer** hilfreich; isoliert betrachtet ist es allerdings kein Wirtschaftlichkeitskriterium im eigentlichen Sinne und sollte daher nicht zur Beurteilung der Sinnhaftigkeit von Investitionen herangezogen werden.

Tabelle 4-34

Interne Verzinsung von Effizienzmaßnahmen in % pro Jahr als Funktion von erwarteter Amortisationszeit und Anlagennutzungsdauer

erwartete Amortisations-zeit	Anlagennutzungsdauer*							
Jahre	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**10**	**12**	**15**
2	24 %	35 %	41 %	45 %	47 %	49 %	50 %	50 %
3	0 %	13 %	20 %	25 %	27 %	31 %	32 %	33 %
4		0 %	8 %	13 %	17 %	22 %	23 %	24 %
5			0 %	**6 %**	**10 %**	**16 %**	**17 %**	**19 %**
6				0 %	**4 %**	**11 %**	**13 %**	**15 %**
8						**5 %**	**7 %**	**9 %**

* unterstellt wird eine kontinuierliche Energieeinsparung über die gesamte Anlagennutzungsdauer
4 % = abgeschnittene rentable Investitionsmöglichkeiten bei Vorgabe einer maximal 4-jährigen Amortisationszeit

Quelle: ISI

(621) Die restlichen 683 PJ bzw. rd. 29 % des industriellen Energieeinsatzes im Bereich Querschnittstechnologien entfallen auf sonstige Anwendungen wie z. B. weitere Prozesswärmezwecke, Raumwärme, Warmwassererzeugung, sowie Informations- und Kommunikationstechniken. In diesen Bereichen können durchschnittliche Einsparmöglichkeiten von knapp 30 % abgeschätzt werden, von denen hier sehr vorsichtig 10 bis 15 % nach den engen Kriterien als wirtschaftlich eingestuft wurden. Insgesamt ergibt sich aus der Potenzialanalyse ein mittleres Energieeffizienzpotenzial in der Industrie von 21,8 %, von dem die Hälfte bis zu zwei Dritteln nach den Kriterien der Synopse[43] als wirtschaftlich zu bezeichnen sind.

(622) Insgesamt lässt sich aus der Potenzialanalyse schließen, dass in den nächsten beiden Jahrzehnten gegenüber dem Trend noch einmal etwa 20 % des industriellen Energieeinsatzes durch Ausschöpfung der „heute unmittelbar verfügbaren technischen Lösungen“ eingespart werden können. Davon entsprechen etwa die Hälfte bis zwei Drittel den sehr restriktiven Wirtschaftlichkeitskriterien. Vor dem Hintergrund real steigender Energiekosten sowie eines entsprechenden energie- und klimapolitischen Rahmens ist dieses Potenzial auch real umsetzbar. Hinzu kommt, dass neue Technologien und Innovationen bei Produktionsverfahren (z. B. durch verbesserte Katalysatoren, Mikrosystemtechnik, Nanotechnologie, neue Werkstoffe usw.) eine weitere Effizienzsteigerungen erwarten lassen. Auch in Zukunft werden hierdurch neue Handlungsmöglichkeiten erschlossen, was den dynamischen Charakter der Einsparpotenziale unterstreicht.

(623) Weitere Kernaussagen der Potenzialanalyse und Expertenanhörung sind:

– Die größten spezifischen und absoluten Einsparpotenziale finden sich im Bereich der Querschnittstechniken, vor allem bei motorischen Anwendungen. Die meisten dieser Anwendungen basieren dabei auf dem Einsatz von Elektrizität, was die energie- und klimapolitische Bedeutung dieses Bereiches aufgrund der vorgelagerten Umwandlungsverluste und Lastwirkungen im Stromsystem unterstreicht. In diesem Kontext bieten sich mit Blick auf die langfristigen Entwicklungspotenziale von branchenübergreifenden Verfahren umfangreiche Möglichkeiten z. B. bei Zerkleinerungsverfahren (spezifische Potenziale von 10–50 %) oder bei der Substitution von thermischen Trocknungsverfahren durch alternative Techniken, wodurch spezifische Reduktionen von 20 % bis zu 90 % erschlossen werden könnten.[44] Eine besondere Bedeutung haben auch neue Lösungen im Bereich Sensorik, Mess-, Steuer- und Regelungstechnik,[45] die zu einer besseren Prozessführung und damit auch zur Vermeidung unnötigen Energieverbrauchs beitragen. Handlungsbedarf besteht auch im Bereich effizienter Abwärmenutzung und Kältetechnik, z. B. bei der Entwicklung besserer Absorptionskältemaschinen, die deutlich stärker als bisher einen Beitrag zur Ressourcenschonung leisten könnten.[46]

– Bei den energieintensiven Produktionsprozessen (vor allem thermische Anwendungen) bestehen Handlungsmöglichkeiten nicht nur bei den Kernprozessen der Grundstoffindustrie (z. B. in der Stahlindustrie, Zementindustrie usw.) sondern auch in anderen, häufig weniger betrachteten Branchen wie z. B. der Textil- und Nahrungsmittelindustrie.[47] Inwieweit die Potenziale auch wirtschaftlich erschlossen werden können, hängt stark von der spezifischen Situation, dem Anlagenalter und der Anlagenstruktur ab. Aufgrund der Langlebigkeit vieler Prozesstechnologien kann ein großer Teil des Potenzials erst bei Anlagenerneuerungen und Prozesssubstitution im Rahmen langfristiger Investitionszyklen realisiert werden. In diesen Bereichen spielt somit der Technologiewechsel beim Übergang zur nächsten Anlagengeneration eine wichtige Rolle, durch den substantielle Einsparungen realisiert werden können. Neben der laufenden energetischen Optimierung der Anlagen können bei der Investitionsplanung weiterhin verstärkt Aspekte des Stoffstrommanagements (intrasektoraler Strukturwandel durch Recycling, neue Rohstoffe oder Zusatzstoffe) und die Nutzung alternativer CO_2-armer Energieträger berücksichtigt werden. Dies unterstreicht die Notwendigkeiten einer langfristigen Ausrichtung der Energieeffizienzstrategien und entsprechender Politikmaßnahmen in der Industrie (vgl. auch Kapitel 4.3.8).

– Die begrenzten Möglichkeiten zur direkten Reduktion des Energieverbrauchs und zur Beschleunigung der Investitionszyklen in der Grundstoffindustrie unterstreichen die Bedeutung der indirekten Verbrauchsminderung durch Maßnahmen in den nachgelagerten Produktionsbereichen. In den Branchen des Fahrzeug- und Maschinenbaus, der Elektrotechnik, der Konsumgüter usw. kann durch materialsparende Konstruktionen der Bedarf an energieintensiven Werkstoffen und dadurch der Energiebedarf für deren Herstellung gesenkt werden. Die aufgrund ihrer eher geringen Energieintensität bislang vernachlässigten Zielgruppen der Investitions- und Konsumgüterindustrie gewinnen hierdurch neue energie- und klimapolitische Bedeutung.

(624) Ungeachtet der einzeltechnologischen Optionen bleibt festzuhalten, dass der größte Beitrag zur Steigerung der Energieeffizienz in der Verfahrenssubstitution und Produktsubstitution liegt, wodurch Potenziale von meist 30 bis 80 % realisiert werden könnten.[48] Ein zweiter wichtiger Ansatzpunkt ist die integrale Planung und Optimierung der industriellen Wärme- und Kälteversorgung (vgl. Kapitel 4.3.5). Sowohl innerhalb von Betrieben wie auch gerade bei der Kooperation zwischen Unternehmen liegen umfangreiche ungenutzte Möglichkeiten vor zur intelligenten Kopplung und Nutzung von Temperaturniveaus

[43] Potenzialstudie.
[44] Bradke (2001).
[45] Kruska (2001).
[46] Kruska (2001).
[47] Kruska (2001).
[48] Bradke (2001).

durch kaskadenförmige Abwärmenutzung, Kraft-Wärme-(Kälte)-Kopplung etc.[49] Die integrale Standortplanung z. B. bei der Erschließung von Gewerbegebieten im Sinne sogenannter „Öko-Tech-Parks“ (Kruska) muss stärker als bisher Gegenstand der Stadt- und Raumplanung werden.

(625) Diese beiden letzten Aspekte unterstreichen den dringenden Bedarf an einem neuen, umfassenderen Verständnis von Energie- und Klimapolitik, die über tradierte analytische und administrative Begrenzungen hinweg einen Beitrag zu ganzheitlichen Nachhaltigkeitsstrategien leistet. Gerade zur Stimulierung und zur Lenkung entsprechender Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten ist es erforderlich, die bisherige Konzentration auf einzelne Erzeugungstechniken zugunsten einer ganzheitlich orientierten Suche nach Systemlösungen aufzugeben.[50] Integrale Konzepte zur Senkung des Energie- und Ressourcenverbrauchs, neue Verfahrenstechniken und Produktkonzepte sowie Querschnittstechniken wie der Bereich Sensorik, Mess-, Steuer- und Regelungstechnik müssen in der staatlichen Forschungsföderung wie auch in der Ausbildung und Qualifizierung mehr Aufmerksamkeit erhalten.

Tabelle 4-35

Übersicht der Einsparpotenziale im Sektor Industrie

	Verbrauch 1998	Technisches Potenzial		Wirtschaftliches Potenzial			
	PJ	PJ	%	von [PJ]	bis [PJ]	von [%]	bis [%]
Elektrotechnologien							
Primäraluminium	33	7,7	23,3 %	2,6	3,3	7,9 %	10,0 %
Chlorherstellung	40,5	18,9	46,7 %	2,2	3,6	5,4 %	8,9 %
Summe Elektrotechnologien	**73,5**	**26,6**	**36,2 %**	**4,8**	**6,9**	**6,5 %**	**9,4 %**
Therm. Anwendungen > 500°C							
Roheisen	338,9	16,9	5,0 %	3,4	6,8	1,0 %	2,0 %
Elektrostahl	27,8	5,8	20,9 %	1,4	2,8	5,0 %	10,1 %
Warmwalzen	40,4	13,4	33,2 %	2	3,2	5,0 %	7,9 %
Sintern	41,9	5	11,9 %	2,9	2,9	6,9 %	6,9 %
EST-Gießen	20,9	5	23,9 %	0,8	1,5	3,8 %	7,2 %
NE-Gießen	5,5	1,1	20,0 %	0,3	0,4	5,5 %	7,3 %
Sekundäralumin.	4	0,64	16,0 %	0,3	0,4	7,5 %	10,0 %
Primärkupfer	4,1	0,32	7,8 %	0,21	0,21	5,1 %	5,1 %
Sekundärkupfer	6,2	0,5	8,1 %	0,25	0,4	4,0 %	6,5 %
Primärzink	2,1	0,08	3,8 %	0,05	0,05	2,4 %	2,4 %
NE-Halbzeuge	36,5	8,4	23,0 %	3,7	5,5	10,1 %	15,1 %
Ziegelbrennen	15,1	3,4	22,5 %	1,5	1,8	9,9 %	11,9 %
Kalkbrennen	21,6	1,5	6,9 %	1,1	1,1	5,1 %	5,1 %
Zementklinker	79,8	15,9	19,9 %	4	6,4	8,0 %	8,0 %
sonst. Steine Erden	20,1	3,6	17,9 %	1,6	2,1	10,4 %	10,4 %
Olefine	87	11,3	13,0 %	5,2	7	8,0 %	8,0 %
Aluminiumoxid	2,3	0,2	8,7 %	0,05	0,05	2,2 %	2,2 %
Investitionsgüter	43,3	4,3	9,9 %	3,5	3,5	8,1 %	8,1 %
Glas	55,3	13,7	24,8 %	5,5	6,6	11,9 %	11,9 %
Brennen von Feinkeramik	31,1	6,2	19,9 %	2,5	3,1	10,0 %	10,0 %
Summe TA > 500°C	**883,9**	**117,2**	**13,3 %**	**40,26**	**55,81**	**6,3 %**	**6,3 %**

[49] Bradke (2001), Kruska (2001).

[50] Bradke (2001).

noch Tabelle 4-35

	Verbrauch 1998	Technisches Potenzial		Wirtschaftliches Potenzial			
	PJ	PJ	%	von [PJ]	bis [PJ]	von [%]	bis [%]
Therm. Anwendungen 200–500°C							
Primärblei	1,1	0,2	18,2 %	0,13	0,13	11,8 %	11,8 %
Kalisalze	9,8	2,8	28,6 %	0,8	1	8,2 %	10,2 %
Waschmittel	5,2	1,8	34,6 %	1	1	19,2 %	19,2 %
Industr. Backen	10,5	2,1	20,0 %	1,1	1,6	10,5 %	15,2 %
Summe TA 200–500°C	**26,6**	**6,9**	**25,9 %**	**3,03**	**3,73**	**11,4 %**	**14,0 %**
Therm. Anwendungen < 200°C							
Kohletrocknung	8	2,3	28,8 %	0,6	0,8	7,5 %	10,0 %
Ziegeltrocknung	14,4	1,2	8,3 %	0,7	0,9	4,9 %	6,3 %
PVC-Entwässern	1,7	0,2	11,8 %	0,05	0,05	2,9 %	2,9 %
Sodaherstellung	5,4	-		-	-		
Holztrocknung	33,8	6,1	18,0 %	2,7	4,1	8,0 %	12,1 %
Papiertrocknung	97,4	11,7	12,0 %	4,9	7,8	5,0 %	8,0 %
Lacke u. Farben trocknen	17,5	2,8	16,0 %	1,8	2,1	10,3 %	12,0 %
Trocknung von Feinkeramik	2,1	0,2	9,5 %	0,1	0,1	4,8 %	4,8 %
Textilherstellung	14,7	2,3	15,6 %	1,5	1,8	10,2 %	12,2 %
Zucker	27,6	11	39,9 %	2,2	2,8	8,0 %	10,1 %
Milchprodukte	4	1,6	40,0 %	0,6	0,6	15,0 %	15,0 %
Futtermittel	4,1	0,6	14,6 %	0,4	0,5	9,8 %	12,2 %
Summe TA < 200°C	**230,7**	**40**	**1 730,0 %**	**15,5**	**21,5**	**6,7 %**	**9,3 %**
Summe Einzeltechnologien	1 214,7	190,7	15,7 %	63,6	88	5,2 %	7,2 %
Querschnittstechnologien (Anteil Industrie)							
Druckluft	63	30,2	47,9 %	19	22	30,2 %	34,9 %
Pumpen und Ventilatoren	175,7	43,9	25,0 %	21	26	12,0 %	14,8 %
sonstige elektrische Antriebe	218,3	24,7	11,3 %	50,8	50,8	23,3 %	23,3 %
Beleuchtung	37	28,3	77,2 %	20,7	20,7	56,4 %	56,4 %
Sonstiges[A)]	683	202,9	29,7 %	68,3	102,5	10,0 %[B)]	15,0 %[B)]
Industrie Gesamt	2 391	520	21,8 %	243,5	311,3	10,2 %	13,0 %

A) übrige Prozesswärme, Raumwärme, I&K, Warmwasser, Klimatisierung, Einsparpotenzial lt. WI

B) Grobabschätzung WI

Quelle: Potenzialstudie, Ergänzungen durch das Wuppertal Institut (2001)

Auswirkungen auf Niveau und Struktur des sektoralen Energieverbrauchs und Veränderungen der sektoralen CO_2-Emissionen

(626) Die Aufteilung der Einsparpotenziale und die Abschätzung der Auswirkungen auf die sektoralen CO_2-Emissionen ist in Tabelle 4-36 dargestellt.

4.3.2.3 Maßnahmen zur Ausschöpfung der sektoralen Effizienzpotenziale und Handlungsmöglichkeiten: Schlussfolgerungen für notwendiges politisches Handeln

Strukturierung von Maßnahmen und Hemmnissen bei der Erschließung von Einsparpotenzialen

(627) Die aufgezeigten Potenzialen und Handlungsmöglichkeiten lassen sich zu sechs Typen von Maßnahmen zusammenfassen und mit Blick auf die charakteristischen Hemmnisse bei ihrer Umsetzung exemplarisch beschreiben (Tabelle 4-37). Eine vollständige Abbildung und Diskussion der Maßnahmen ist aufgrund der Vielzahl von Optionen im Sektor Industrie an dieser Stelle nicht möglich. Eine quantitative Bewertung des Beitrags zur Senkung der Energieverbräuche und Treibhausgasemissionen ist auf Grundlage der verfügbaren Darstellungen in der Synopse ebenfalls nicht zu leisten.

Exkurs: Differenzierung der Zielgruppen und Handlungsmöglichkeiten innerhalb des Sektors Industrie

(628) Die große Vielfalt und Heterogenität der Anwendungstechniken in der Industrie führt zusammen mit den spezifischen Marktsituationen der Unternehmen in den Branchen dazu, dass sich die Einsatzbedingungen und Handlungsmöglichkeiten innerhalb des Sektors Industrie stark unterscheiden. In der energiepolitischen Diskussion werden diese Unterschiede bislang nicht ausreichend berücksichtigt, da bei der Diskussion von Potenzialen und Maßnahmen der Fokus häufig auf die energieintensiven Branchen der Grundstoffindustrie gerichtet ist, während andere wichtige Akteure wie Fahrzeug- und Maschinenbau oder die Elektrotechnische Industrie tendenziell vernachlässigt werden. Eine stärkere Differenzierung der Zielgruppen und Handlungsmöglichkeiten innerhalb des Sektors Industrie würde deshalb die Gestaltung von problem- und zielgruppenspezifischen Maßnahmen unterstützen.

(629) Einen ersten Ansatzpunkt für eine differenzierte Analyse der unterschiedlichen Ausgangslagen in der Zielgruppe der kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) bieten empirische Analysen erfolgreicher Implementierungsprozesse.[51] Aufbauend auf den beobachteten Stärken und Schwächen bei der Umsetzung von Effizienzmaßnahmen können vier Unternehmenstypen unterschieden werden (Abbildung 4-22).

(630) *Typ 1 – Die Fortgeschrittenen:* Diese Unternehmen räumen Energieeffizienz in allen Bereichen ihrer Aktivität hohe Priorität ein, und Optimierungsfähigkeit ist ausreichend vorhanden. Bevor die Vorreiter im Bereich Energie tätig wurden, lagen sie oft auf anderen Gebieten „vorne“ (z. B. Umweltschutz, Arbeitssicherheit, Innovation) und es wird meist ein ganzheitlicher Ansatz, z. B. im Rahmen eines Umweltmanagementsystems, verfolgt. Firmen des Typs 1 neigen dazu, aktiv nach Handlungsmöglichkeiten zu suchen und Maßnahmen aus eigenem An-

Tabelle 4-36

Aufteilung der Einsparpotenziale und Abschätzung der Auswirkungen auf die sektoralen CO_2-Emissionen

	Endenergie-verbrauch 1998 PJ	Technisches Einspar-potenzial PJ	Minderung CO_2-Emissionen in Mio. t	Wirtschaftliches Einspar-potenzial PJ	Minderung CO_2- Emissionen in Mio. t
Elektrotechnologien	73,5	26,6	4,6	6,9	1,2
Querschnittstechnologien (nur mechanische Anwendungen)	238,7	78,1	13	48	8,4
Thermische Prozesse über 500°C	883,9	126,2	18,1	55,81	3,4
Thermische Prozesse 200°C–500°C	26,6	6,9	0,42	3,73	0,24
Thermische Prozesse bis 200°C	230,7	39	2,34	21,56	1,21
Summe	**1 453,4**	**276,8**	**38,46**	**136**	**14,45**
Anmerkung: nur Werte aus der Potenzialstudie					

[51] Ramesohl (2001), InterSEE (1998).

Tabelle 4-37

Übersicht von Maßnahmen und Hemmnissen

Maßnahmetyp	Beispiel	Zeitrahmen	charakteristische Hemmnisse
Prozessoptimierung	Prozesssteuerung Optimierung der Brennertechnik (NE-Metalle) Abwärmenutzung	kurz-/mittelfristig	Bindung an Investitionszyklus, Kapitalknappheit
Prozesssubstitution	Chlorherstellung, neue Katalysatoren	mittel-/langfristig	in Großindustrie: geringe Priorität, organisatorische Trennung von Prozess und Peripherie in KMU: keine Personalkapazität, fehlendes Know-How
Optimierung Querschnittstechnologien	Dimensionierung von Anlagen und Antrieben, Modernisierung von Pumpen, Lüftungsanlagen, Drucklufterzeugung	kurz-/mittelfristig	fehlende Ökoeffizienzkultur, fehlende politische langfristige Rahmenbedingungen für Dematerialisierung
indirekte Minderung durch ökoeffiziente Produkte und Dienstleistungen	Leichtbau in Automobilbau, langlebiges Design, Erhöhung Reperaturtauglichkeit	mittel-/langfristig	Marktakzeptanz, fehlende politische langfristige Rahmenbedingungen
Stromstoffmanagement	Einsatz Zumahlstoffe in Zementindustrie, Erhöhung Scherbenanteil in Glasindustrie	mittel-/langfristig	fehlende Effizienzkultur, organisatorische Defizite, keine Personalkapazität
Betrieb, Wartung, Instandhaltung		kurzfristig	

trieb zu realisieren. Die Akteure im Unternehmen sind allgemein motiviert und handlungsfähig, wobei die Geschäftsleitung die Eigeninitiative der Mitarbeiter in der Regel honoriert und unterstützt. Akteure aus diesen Firmen sind häufig in Netzwerken aktiv, suchen kontinuierlich nach neuen Impulsen bzw. Ideen und streben gleichzeitig nach sozialer Anerkennung ihres erfolgreichen Engagements, was sie zur Weiterführung ihrer Aktivitäten motiviert. Die Fortgeschrittenen zeichnen sich oft durch hohe Kompetenz und Erfahrung bei der gezielten Kooperation mit Herstellern oder Forschungseinrichtungen aus.

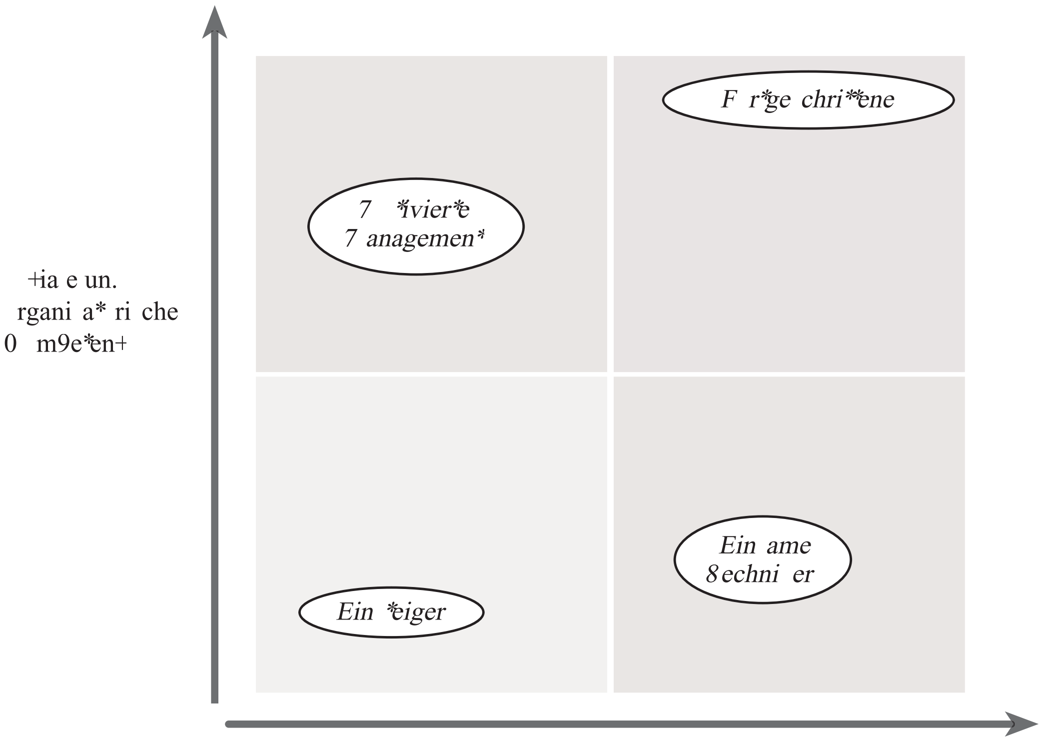
(631) ***Typ 2 – Das motivierte Management:*** In dieser Kategorie wird die Aktivität durch die Vorgaben des Managements dominiert. Grundsätzlich liegt eine Mobilisierung der Akteure vor, aber gerade im technischen Bereich bestehen Defizite, so dass insbesondere in der Planungsphase Probleme auftreten. Aufgrund der fehlenden Erfahrung und unzureichender Kenntnisse bestehen weiterhin Schwierigkeiten bei der Orientierung auf Effizienzmärkten sowie der Erschließung externer Unterstützung.

(632) ***Typ 3 – Die (einsamen) Techniker:*** In diesen Firmen ist genügend energietechnische Kompetenz zur Durchführung von Effizienzprojekten vorhanden und in vielen Fällen existiert ein hochmotivierter Schlüsselakteur, z. B. im technischen Management. Aufgrund seiner Erfahrung, Know-How und durch das hohe Eigeninteresse sind gute interne Voraussetzungen für die Konzeptionierung und Planung von Maßnahmen gegeben. Gegensätzlich zum Typ 2 ist in diesen Fällen jedoch das Engagement der Geschäftsleitung im Bereich Energieeffizienz häufig beschränkt und die Schlüsselakteure stehen oft als Einzelkämpfer auf „einsamen Posten“. Unter größeren Unternehmen sind häufiger Typ 3-Firmen zu finden, die einen eigenen Energieverantwortlichen haben, der aber unzureichend in die Organisation integriert ist. Energieeffizienzmaßnahmen stoßen im Betrieb oft auf geringe Akzeptanz, wodurch Probleme bei der Darstellung und Begründung von Projektideen entsteht.

(633) ***Typ 4 – Die Einsteiger:*** Ihnen fehlt sowohl das organisatorische wie auch das technische Know-how zur

Abbildung 4-22

Differenzierung von vier Unternehmenstypen in der Zielgruppe der kleinen und mittleren Unternehmen



Durchführung von Energieeffizienzmaßnahmen, denn Energie hat in diesen Firmen bisher keine Rolle gespielt. Die Einsteiger brauchen für jede Aufnahme von Aktivitäten einen Anstoß (auslösenden Impuls) von außen, weshalb sie – für sich allein gelassen – oft passiv bleiben. Externe Impulse sind unverzichtbar, z. B. in Form von Energieaudits, die von vertrauenswürdigen externen Partnern durchgeführt wurden und klare Vorschläge für wirtschaftlich machbare Maßnahmen enthalten.

Wichtige Rolle externer Partner

(634) Es lässt sich an dieser Stelle feststellen, dass in vielen mittelständischen Unternehmen wichtige Kompetenzen in einer oder sogar in beiden Dimensionen nicht verfügbar sind. Mit Blick auf die Entwicklungsgeschichte von Unternehmen kann allerdings beobachtet werden, dass Betriebe durch anhaltende Aktivitäten im Bereich „Energieeffizienz“ ihre Kompetenzen schrittweise aufbauen können. Hierfür müssen nicht zwangsläufig alle erforderlichen Beiträge im Unternehmen selbst erbracht werden. Es scheint keine allgemein gültige „Mindestausstattung“ zu geben, denn einzelne Stärken können bereits ausreichen um Erfolg zu erzielen. Die zwingende Voraussetzung dafür ist allerdings, dass ein entsprechendes Umfeld und funktionierende Kooperationen mit externen Partnern gegeben sind.

(635) Externe Partner können die Akteure im KMU insbesondere durch maßnahmenspezifisches technisches Know-how, organisatorische Fähigkeiten des Projektmanagements sowie ausreichende finanzielle und personelle Kapazitäten zur Durchführung der anfallenden Aufgaben unterstützen. Dies schließt Hilfe bei der Gestaltung von Kontakten und Kooperationen des Betriebs mit Lieferanten, Kunden, Behörden, Banken etc. mit ein.

(636) Eine besondere Rolle spielt hierbei die Auswahl von energierelevanten technischen Ausrüstungen und Anlagen im Bereich der Querschnittstechnologien, wo Energiekosten bzw. die Energieeffizienz der Anlagen nur ein nachgeordnetes Kriterium unter anderen sind. Ein Unternehmen kauft z. B. ein CNC-Bearbeitungszentrum in erster Linie aufgrund dessen Bearbeitungsfunktionen und -geschwindigkeit, wohingegen der Energieverbrauch keine wesentliche Rolle spielt. Das Thema „Energieeffizienz“ ist also häufig kein relevantes Kriterium für die Kommunikation bei der Beschaffung von Maschinen und Anlagen. Verstärkend kommt hinzu, dass zwischen Endverbraucher und dem Hersteller der energieverbrauchenden Komponenten in der Regel verschiedene Akteure wie Anlagenbauer, Händler etc. in die Lieferkette eingebunden sind. Ein Beispiel hierfür ist das Interessengeflecht des Marktes für elektrische Motoren (Abbildung 4-23), wo die Endverbraucher kaum Zugang zur direkten Auswahl energieeffizienter Motoren haben, und Kriterien der Erstausrüster oder Zwischenhändler wie Anschaffungspreis, Ersatzteillogistik und Zuverlässigkeit (wg. Garantieverpflichtungen) die Wahl von Einzelkomponenten do-

minieren.[52] Damit alle beteiligten Akteure Energieeffizienz als einen relevanten Aspekt in ihre Entscheidungen einbeziehen, muss das Thema auch durch alle Stufen der Herstellungs- und Lieferkette kommuniziert werden. Hier müssen z. B. Markttransformationsprogramme als öffentliche Initiative zu Standards, Labelling usw. ansetzen.

Strategien und Handlungsschwerpunkte zur Ausschöpfung der technischwirtschaftlichen Potenziale

(637) Vor diesem Hintergrund können neben der laufenden Optimierung von energieintensiven Produktionsprozessen vier Ansatzpunkte für energiepolitische Effizienzstrategien identifiziert werden:

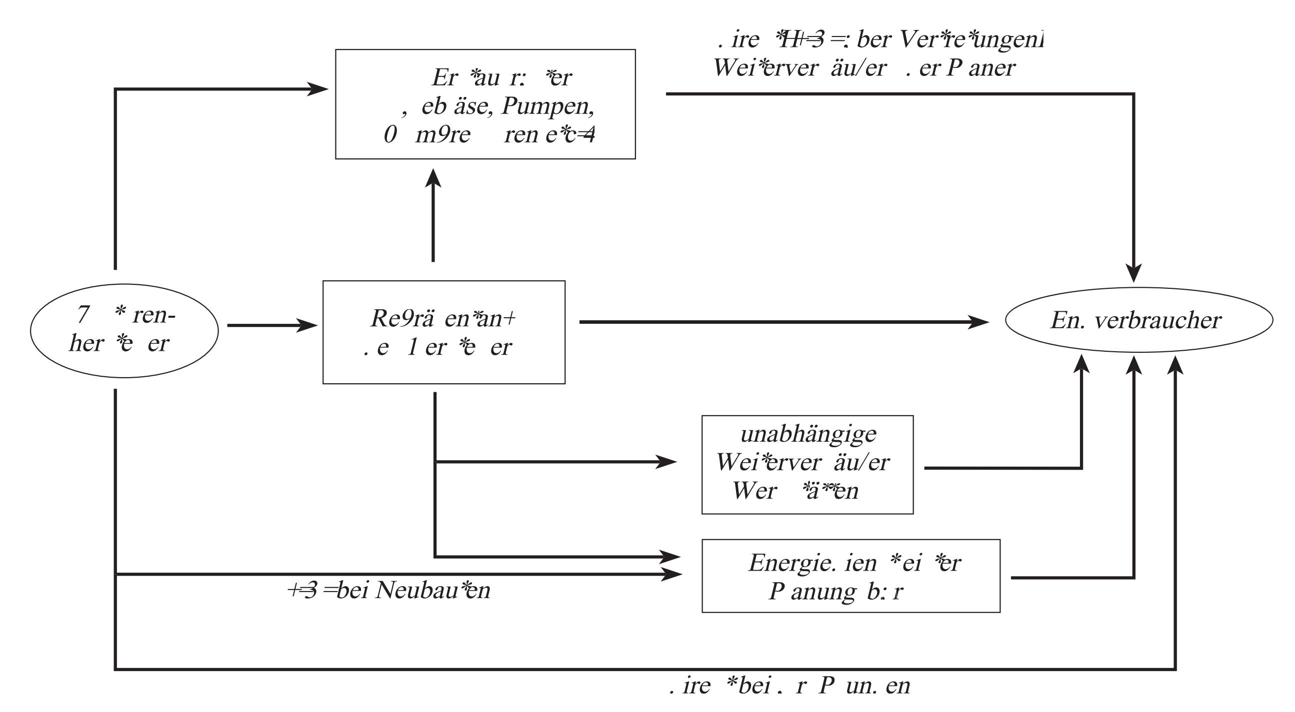
– ***Optimierung von Querschnittstechnologien in großen und energieintensiven Unternehmen*** – in dieser Zielgruppe werden Querschnittstechnologien und periphere Energieanwendungen tendenziell vernachlässigt, da sie im Vergleich zu den Kernprozessen einen relativ geringen Anteil am betrieblichen Energieverbrauch haben. Die Aufgabe besteht also darin, die Aufmerksamkeit der vorhandenen Energieexperten im Unternehmen verstärkt auch auf diese Anwendungen zu lenken und unterstützende (marktbasierte) Kooperationen mit externen Partnern (Contractoren, Energiedienstleister usw.) zu fördern. Weiterhin ergeben sich in dieser Zielgruppe aufgrund der Größe besondere Möglichkeiten für Markttransformationsprogramme wie z. B. Energieeffizienz – Procurement oder effizienzorientierte Beschaffungsregeln (Life-Cycle-Costing).

– ***Optimierung von Querschnittstechnologien in kleinen und mittleren Unternehmen*** – in dieser Zielgruppe wird der Energieverbrauch i. d. R. maßgeblich durch Querschnittstechnologien bestimmt. Das Thema erhält jedoch aufgrund der geringen ökonomischen Bedeutung der Energiekosten keine Priorität, was durch fehlendes Know-how und Personalkapazitäten verstärkt wird. In dieser Zielgruppe besteht deshalb, im Gegensatz zu den Energieabteilungen von Großbetrieben, besonderer Bedarf nach einer externen Unterstützung, die durch Information, Planungshilfen und Prozesbegleitung überhaupt erst die Voraussetzungen für Handeln im KMU schafft. Energieagenturen und (regionale) Netzwerke spielen ebenfalls eine wichtige Rolle.

– ***Prozesssubstitution bei energie- und ressourcenintensiven Verfahren durch technologische Innovationen und organisatorisch-logistische Änderungen*** – Ziel sollte es sein, durch die Optimierung von Stoffströmen,

Abbildung 4-23

Vertriebswege im Markt für Elektromotoren



Quelle: De Almeida 1998

[52] De Almeida (1998).

Rohstoffeinsätzen und Reststoffnutzung (Recycling) sowie durch Nutzung neuer Technologien z. B. im Bereich der Katalysatoren völlig neue, umweltschonende Produktionsverfahren voranzubringen. Hier sind Synergien mit dem produktintegrierten Umweltschutz (PIUS) und der Umwelt-/Abfallpolitik (Kreislaufwirtschaft, Rücknahmepflichten etc.) aktiv zu suchen und zu nutzen.

– ***Dematerialisierung von Produkten und Dienstleistungen durch ökoeffizientes Design*** – die langfristigen Anforderungen an ein nachhaltiges Energiesystem im Rahmen einer zukunftsfähigen Entwicklung können nur durch neue Produkte und Dienstleistungen erreicht werden, die menschliche Bedürfnisse mit deutlich geringerem Umweltverbrauch befriedigen. Die Markteinführung solcher sozialen, organisatorischen und technischen Innovationen erfordert Umdenkprozesse und Verhaltensänderungen sowohl seitens der Hersteller wie auch der Verbraucher. Neben der konkreten Förderung von innovativen Pilotprojekten spielt der Stellenwert des Themas Energie und Klimaschutz in der öffentlichen Debatte hierbei eine wichtige Rolle als wichtiger Orientierungspunkt für die persönliche Motivation und das konkrete Handeln im Betrieb. Industrieunternehmen können nicht losgelöst von ihrem sozialen Umfeld betrachtet werden, was die Notwendigkeit von umfassenden Zukunftsfähigkeitsdebatten auf allen gesellschaftlichen Ebenen unterstreicht (vgl. Kapitel 4.3.9).

4.3.2.4 Instrumente und Maßnahmen

(638) Die in Kapitel 6 diskutierten allgemeinen Maßnahmen wie z. B. die ökologische Steuerreform, der energiewirtschaftliche Rahmen usw. bilden die Grundlage für die energiepolitische Umsetzung der vier Effizienzstrategien und schaffen einen notwendigen, im Einzelfall allerdings noch nicht ausreichenden Anreizrahmen. Förderliche Impulse beispielsweise über Energiepreisignale tragen zwar zur Neuausrichtung von individuellem und organisatorischem Handeln bei, reichen aber nicht aus, um die Vielzahl der technologie- und akteursspezifischen Hemmnisse abzubauen.

(639) Aus diesem Grunde müssen neben den allgemeinen Voraussetzungen die vier Energieeffizienzstrategien im Sektor Industrie durch eine Kombination verschiedener Instrumente und Maßnahmen unterstützt werden (Tabelle 4-38). Jedes dieser Instrumente hat spezifische Stärken und Merkmale, die deshalb im Rahmen eines zielgruppen- und strategiespezifischen Policy-Mix gebündelt werden sollten.

(640) Die Diskussion der Wirkungsprofile der energiepolitischen Maßnahmen und Angebote zeigt, dass die angestrebten Innovationen im Bereich der Prozesssubstitution und der Dematerialisierung von Produkten und Dienstleistungen neben den energiepolitischen Impulsen vor allem durch weitere umwelt- und wirtschaftspolitische Initiativen vorangebracht werden müssen. Gerade die Abfallpolitik und damit zusammenhängende Strategien zur Schließung von Kreisläufen spielen hier eine wichtige Rolle.

(641) Insbesondere mit Blick auf die oben genannten langfristigen Investitionszyklen bei Produktionstechnologien muss abschließend die zentrale Bedeutung von langfristigen und verlässlichen Rahmenbedingungen als wichtigste Voraussetzung für zukunftsorientiertes unternehmerisches Handeln betont werden. Gerade im Bereich der Prozesssubstitution und ökoeffizienten Produktgestaltung bedeuten die aufgezeigten Handlungsoptionen für die Unternehmen eine weitreichende strategische Festlegung mit erheblichen Kapitaleinsätzen. Über den Zielzeitraum des Kioto-Protokolls (2008 bis 2012) hinaus müssen deshalb durch eine klare Artikulation des politischen und gesellschaftlichen Willens zu einer nachhaltigen Entwicklung die Leitplanken für strategische Investitionsplanungen gesetzt werden. Die Anstrengungen zur Schaffung einer derartigen langfristigen Perspektive – z. B. in Form von abgestimmten Zielvereinbarungen im Rahmen von nationalen Umweltplänen und eines breiten gesellschaftlichen Diskurses über umweltschonende Wege zu mehr Lebensqualität – sind deshalb zu verstärken.

4.3.3 Potenziale und Optionen im Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen

4.3.3.1 Merkmale des Sektors und künftige Tendenzen

(642) Der Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (im Folgenden GHD abgekürzt) ist außerordentlich heterogen strukturiert. Im Sinne der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung gehören zu ihm die Wirtschaftszweige Land- und Forstwirtschaft, Fischereien, Baugewerbe, Handel und Verkehr, Nachrichtenübermittlung, Dienstleistungen, Staat, private Einrichtungen ohne Erwerbscharakter sowie die industriellen Kleinbetriebe. Originäre statistische Grundlagen zur Erfassung des Energieverbrauchs in diesem heterogenen Sektor existieren nicht; in den Energiebilanzen errechnet sich der Energieverbrauch dieses Sektors zusammen mit demjenigen der privaten Haushalte im Grunde als „Restrechnung“. Dies ist bei einer Bewertung der Daten zum Bereich GHD zu berücksichtigen.

(643) Gegenwärtig (2000) ist der Sektor GHD (einschließlich militärischer Dienststellen) mit rd. 1 470 PJ oder mit etwa 16 % am gesamten Endenergieverbrauch in Deutschland beteiligt; im Vergleich zu 1990, als es noch 1 700 PJ oder 18,5 % waren, hat also die energiewirtschaftliche Bedeutung tendenziell abgenommen (Tabelle 4-39). Dazu hat auch der Anfang der Neunzigerjahre starke Rückgang in den neuen Bundesländern beigetragen. Insgesamt rangiert der Bereich heute weit hinter dem der Industrie (Anteil 2000: 26,5 %), den privaten Haushalten (knapp 28 %) und dem Verkehr (rd. 30 %).

(644) Die Energieträger verteilten sich im Jahre 2000 recht gleichmäßig auf die Gase (überwiegend Erdgas) mit einem Anteil von 31,5 % sowie die elektrische Energie und Mineralölprodukte mit jeweils rd. 30 %; Fernwärme ist mit knapp 8 % beteiligt; Kohlen spielen praktisch keine

Tabelle 4-38

Übersicht verschiedener Instrumente und Maßnahmen zur Unterstützung der vier Energieeffizienzstrategien im Sektor Industrie

Art der Maßnahme	Beispiele	Querschnittstechnologien in großen und energieintensiven Unternehmen	Querschnittstechnologien in KMU	Prozesssubstitution	Dematerialisierung von Produkten und Dienstleistungen
Mobilisierungs- und Informationsprogramme, Newsletter, Internetportale usw.	Energieagenturen Druckluftkampagne DenA Best practice Programme (UK)	X	X		
Energieaudits und -analysen	Impulsberatung Energieagentur NRW Enerieexplorer (PESAG)	X	X		
Energiemanagement-systeme		X	X		
Umweltmanagement-systeme	EU-ÖkoAudit ISO14001				X
Contracting		X	X		
(regionale) Netzwerke	Modell Hohenlohe	X	X		
strategische Netzwerke innerhalb der Produktionskette	Eko Energi (S)			X	X
Leitlinien für Beschaffung Life-Cycle-Costing	Kompass	X	X		
Indikatoren und Bilanzierungsverfahren	integrative Studiengänge (FH Bielefeld, Uni Hannover etc.)	X	X	X	X
Aus- und Weiterbildung (akademisch, gewerblich)	Ökoprofit (Ös/D)	X	X	X	X
Qualifikationsmaßnahmen		X	X	X	X
Prozeßbegleitung/ Coaching	RAVEL	X	X	X	X
Marktransformations-programme	unternehmensbezogene Verpflichtungen branchen-bezogene Verpflichtungen	X	X		
freiwillige Selbstver-pflichtungen	VDEW eta-Wettbewerb	X X	X	X X	X X
Wettbewerbe, Preise und Auszeichnungen	VDEW eta-Wettbewerb Energiemanager des Jahres Wupppertaler Energie & Umweltpreis	X	X	X	X

Anmerkung: Grau hinterlegte Bereiche kennzeichnen besonders wichtige Wirkungsbeziehungen.

Tabelle 4-39

Merkmale des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen bezogen auf den Energieverbrauch und die CO_2-Emissionen: Ist-Entwicklung und Tendenzen unter Referenzbedingungen

	Einheit	1990	1995	2000	Zukünftige Tendenzen[1]	
					2000/2020	2020/2050
Energieverbrauch	PJ	1 702,0	1 614,0	1 472,0	→	↘
Anteil am gesamten Endenergieverbrauch	%	18,5	16,9	15,9	↗	↘
Energieträgerstruktur						
Kohlen	%	16,9	3,2	0,8	↘	↘
Mineralprodukte	%	35,4	36,2	29,9	↘	↘
Gase	%	17,7	25,2	31,5	↗	↗
Strom	%	22,8	27,7	30,1	↗	↗
Fernwärme	%	7,2	7,7	7,7	↗	→
CO_2-Emissionen	Mio. t	90,4	68,4	59,8	→	↘
Anteil an den energiebedingten CO_2-Emissionen	%	9,2	7,8	7,2	↗	↘

[1] Nach dem Referenzszenario

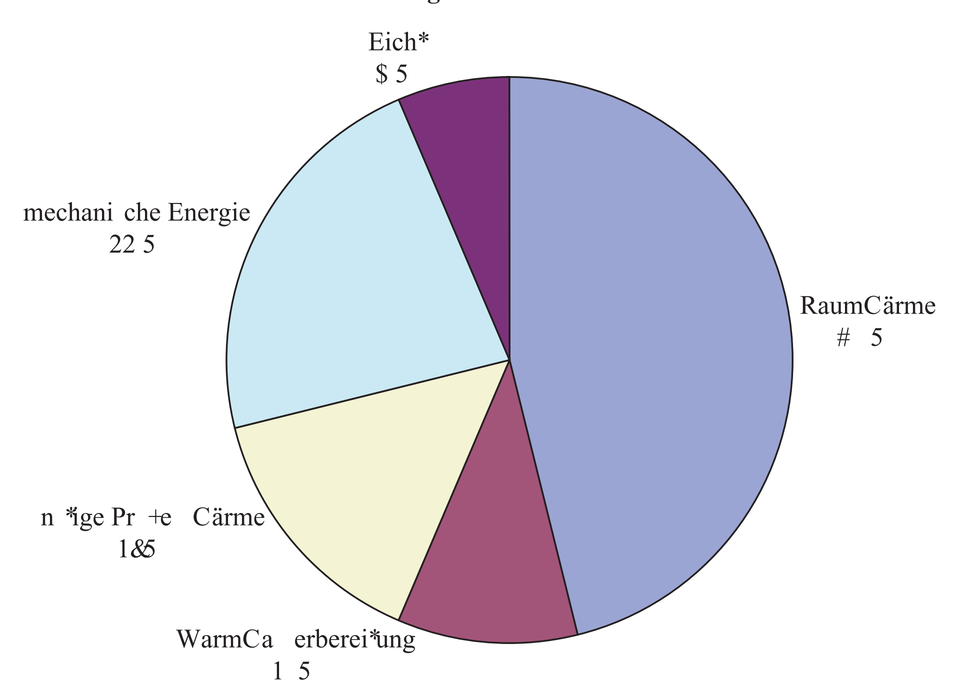
Quellen: AG Energiebilanzen, VDEW, DIW

Rolle mehr. In den vergangenen zehn Jahren hat sich damit eine grundlegende Änderung der Energieträgerstruktur vollzogen. Dabei verlief die Entwicklung eindeutig zu Lasten der Kohle und des Mineralöls, aber zu Gunsten vor allem von Erdgas und elektrischer Energie.

(645) Nach Anwendungszwecken (Abbildung 4-24) strukturiert, dominiert der Energieeinsatz für die Raumheizung mit rd. 47 % (2000) gefolgt vom Bereich mechanische Energie (gut 22 %), der sonstigen Prozesswärme (14,5 %) sowie der Warmwasserbereitung (reichlich 10 %)

Abbildung 4-24

Endenergieverbrauch im Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen nach Anwendungszwecken im Jahre 2000



und der Beleuchtung (etwa 6 %). Damit ist beinahe die Hälfte des Energieverbrauchs von den Außentemperaturen abhängig; besonders stark trifft dies auf leichtes Heizöl, Fernwärme und Erdgas zu.

(646) Gemessen an den gesamten CO_2-Emissionen in Deutschland spielen die direkten CO_2-Emissionen im Bereich GHD nur eine untergeordnete Rolle. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass hier die Energieträger Strom und Fernwärme einen vergleichsweise hohen Anteil (zusammen knapp 38 % des sektoralen Energieverbrauchs) aufweisen. Die Emissionen dieser Energieträger führen aber nicht in den Endenergiesektoren, sondern im Umwandlungsbereich zu Emissionen.

(647) Im Jahre 2000 dürften die CO_2-Emissionen im Bereich GHD rd. 60 Mio. t betragen haben; das waren etwa 30 Mio. t oder rd. ein Drittel weniger als 1990. Gemessen an den gesamten energiebedingten CO_2-Emissionen belief sich damit der Anteil des Sektors GHD im Jahre 2000 auf kaum mehr als 7 % (1990: gut 9 %).

(648) Infolgedessen sind die Möglichkeiten, im Sektor GHD einen nachhaltigen Beitrag zur Minderung der gesamten direkten CO_2-Emissionen zu leisten, begrenzt. Dabei dürfen freilich die Potenziale zur Minderung der indirekten CO_2-Emissionen nicht vernachlässigt werden, die sich auf dem Wege einer sparsameren und rationelleren Verwendung der elektrischen Energie und der Fernwärme auch in den Bereichen Gewerbe, Handel und Dienstleistungen ergeben.

Künftige Tendenzen nach dem Referenzszenario

(649) Nach den Ergebnissen des Referenzszenarios (vgl. Kapitel 4.1 und Tabelle 4-39) bleibt der Endenergieverbrauch im Sektor GHD bis 2020 weitgehend unverändert (+ 2,7 % gegenüber 2000), geht danach aber bis 2050 deutlich (um 9,4 %) zurück. Einen besonders starken Rückgang gibt es bei den Mineralölprodukten; der Einsatz von Erdgas und Strom ist auch noch im Jahre 2050 höher als 2000. Erneuerbare Energiequellen spielen unter den Bedingungen des Referenzszenarios auch langfristig in diesem Sektor keine wesentliche Rolle (Anteil am gesamten sektoralen Endenergieverbrauch im Jahre 2050: knapp 2 %).

(650) Die CO_2-Emissionen dürften bis 2020 nur wenig sinken, dann aber kräftig zurückgehen. Im Jahre 2050 könnten sie gegenüber 2000 um beinahe ein Viertel und im Vergleich zu 1990 um rd. die Hälfte niedriger sein. Der Anteil der direkten CO_2-Emissionen im GHD-Sektor an den gesamten energiebedingten CO_2-Emissionen dürfte bis 2050 auf rd. 6 % sinken.

4.3.3.2 Optionen und Potenziale zur Emissionsminderung

4.3.3.2.1 Einschränkende Vorbemerkungen und Quellenlage

(651) Im Sektor GHD konnten viele einzelne Optionen zur Energieeinsparung identifiziert werden. Insbesondere die Detaillierungsstudie von Geiger u. a.,[53] in welcher der Energieverbrauch der einzelnen Branchen nach Quellen und nach Nutz-Energiearten differenziert wird, zeigte für viele Branchen Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz auf. In der Studie von Böde u. a.[54] wurden Verhaltensmaßnahmen identifiziert und deren Potenziale zur Minderung des Energieverbrauchs bestimmt. In der Regel war es jedoch nicht möglich, ein Einsparpotenzial für die gefundenen Optionen zu bestimmen, da keine Informationen über den von einzelnen Anwendungen verursachten Gesamtverbrauch in Deutschland gefunden werden konnten. Infolge der Heterogenität des Sektors bestehen zahlreiche Informationsdefizite im Detail.

(652) Die folgenden Ausführungen basieren im Wesentlichen auf den Berichten zur Systematisierung der Potenziale und Optionen, die vom Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI) sowie von der Programmgruppe Systemforschung und Technologische Entwicklung (STE) des Forschungszentrums Jülich (FZJ) für die Enquete-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und der Liberalisierung“[55] erarbeitet worden sind. Weitere Quellen sind vor allem die für diese Berichte ausgewerteten Studien sowie Szenarien des Wuppertal-Instituts.

(653) Vor diesem Hintergrund ist es auch nicht möglich, die in diesem Sektor existierenden gesamten technischen und wirtschaftlichen Potenziale zur Energieeinsparung und CO_2-Emissionsminderung auszuweisen. Statt eines Gesamtbildes über den Sektor muss man sich angesichts der Datenlage demnach weitgehend mit Einzelinformationen begnügen. Teilweise wird sich der Betrachtungshorizont auch auf die Jahre bis 2020 beschränken müssen, da längerfristige Potenzialaussagen für diesen Sektor kaum verfügbar sind. Unter diesen Einschränkungen soll im Folgenden auf Einsparpotenziale im Bereich der Gebäudeheizung, bei mechanischen Anwendungen, bei sonstigen thermischen Anwendungen sowie beim Einsatz elektrischer Energie eingegangen werden.

(654) Vorangestellt werden sollen die Ergebnisse einer Umfrage, die Geiger u. a. im Rahmen ihrer Untersuchung für die Bundesstiftung Umwelt zum Energieverbrauch und zur Energieeinsparung in Gewerbe, Handel und Dienstleistungen durchgeführt haben.[56] Daraus folgt, dass nach dem subjektiven Bekunden der Befragten etwa die Hälfte schon alle Möglichkeiten zur Brennstoff- und Stromeinsparung ausgeschöpft sieht (Tabelle 4-40). Dabei wurden offenbar von den kleinen Betrieben die zusätzlichen Einsparmöglichkeiten als gering angesehen. Dies korrespondiert freilich nicht unbedingt mit der Existenz der jeweiligen technischen Potenziale.

(655) Immerhin wird aber von 40 % der produzierenden Betriebe und von 48 % der raumwärmeintensiven Betriebe bei den Brennstoffen ein Einsparpotenzial von über

[53] Geiger u. a. (1999).
[54] Böde, Bradke u. a. (2000a).
[55] Potenzialstudie.
[56] Geiger u. a.(1999).

Tabelle 4-40

Einschätzung der Einsparpotenziale im Sektor GHD

	Produzierende Betriebe	Raumwärme-intensive Betriebe
	in % der Befragten	
Brennstoffe		
Potenzial ausgeschöpft	53	50
Einsparpotenzial über 10 % genannt	40	48
Strom		
Potenzial ausgeschöpft	56	50
Einsparpotenzial über 10 % genannt	27	37

Quelle: Geiger u. a. (1999)

10 % genannt; bezogen auf die elektrische Energie gibt es mit 27 % bei den produzierenden und mit 37 % bei den raumwärmeintensiven Betrieben freilich deutlich weniger Nennungen. Insgesamt bleibt also noch ausreichender Spielraum für weitere Verbrauchsreduktionen im Bereich GHD.

4.3.3.2.2 Potenziale im Anwendungsbereich Gebäudebeheizung

(656) Im Folgenden wird vor allem Bezug genommen auf die Aussagen, die im Rahmen des Berichts von STE/FZJ für die Enquete-Kommission bezüglich des Bereiches der Nicht-Wohngebäude gemacht worden sind,[57] der hier vereinfachend mit dem Sektor GHD gleichgesetzt wird.

4.3.3.2.2.1 Verbesserung der Gebäudehülle

(657) Danach erscheint es als möglich, den Endenergieeinsatz zur Raumwärmebereitstellung im Nicht-Wohnbereich durch Verbesserung der Gebäudehülle im Vergleich zu 1999 bis 2020 um 22 % und bis zur Jahrhundertmitte sogar um reichlich die Hälfte zu reduzieren (Tabelle 4-41).

(658) Allerdings ist nicht zu erwarten, dass diese Potenziale vollständig erschlossen werden können, da auch im Bereich der Nicht-Wohngebäude eine Reihe von Hemmnissen entgegensteht. Zu diesen Hemmnissen zählen:

(659) ***Geringe Umsetzungsgeschwindigkeit der Potenziale:*** Aus Gründen der Wirtschaftlichkeit werden im Allgemeinen die bauliche und die energetische Sanierung gleichzeitig im Zuge der üblichen Lebensdauer- oder Renovierungszyklen durchgeführt. Durch diesen Zyklus wird das Tempo der Umsetzung von Einsparmaßnahmen begrenzt.

(660) ***Unzureichende Sanierungseffizienz in der Praxis:*** Der Renovierungszyklus sagt etwas über die mögliche Anzahl der Sanierungen aus, nicht jedoch über die energetische Qualität der durchgeführten Sanierungen. Wesentlich hierfür ist die Sanierungseffizienz. Sie ist das Verhält-

Tabelle 4-41

Entwicklung der Endenergieeinsparung zur Raumwärmebereitstellung im Nicht-Wohnbereich durch Verbesserung der Gebäudehülle

	Einheit	1999	2020	2050
Altbau-Gebäudefläche	Mio. m^2	1000	687	407
Neubau-Gebäudefläche	Mio. m^2	0	302	628
Gesamt-Gebäudefläche	Mio. m^2	1000	989	1035
Spez. Heizenergie-Verbrauch (Altbau)	kWh/m^2	165	132	88
Spez. Heizenergie-Verbrauch (Neubau)	kWh/m^2	100	75	55
Nutzungsgrad Heizung Altbau		1	1	1
Nutzungsgrad Heizung Neubau		1	1	1
Endenergieverbrauch Altbau	PJ	756	500	221
Endenergieverbrauch Neubau	PJ	0	91	138
Endenergieverbrauch Gesamt	PJ	756	591	359
Gesamteinsparung bezogen auf 1999	PJ	0	1347	1115
	%	0	22	52

[57] Potenzialstudie.

nis von tatsächlich erreichter Einsparung bei den in einem Jahr energetisch sanierten Gebäuden zu dem Maximalwert der Einsparung bei Vollsanierung aller im Zyklus zu sanierenden Gebäude. Eine unveröffentlichte Untersuchung des Forschungszentrums Jülich für eine deutsche Großstadt hat gezeigt, dass im Bereich von Wohngebäuden die energetische Sanierungseffizienz der Altbaurenovierung nur bei ca. 40 % liegt.

(661) Die Gründe für die unzureichende Sanierung sind vor allem die z. T. fehlende Wirtschaftlichkeit, unzureichende Anreize und Kapitalmangel, mangelnde Information und Motivation der Gebäudeeigentümer sowie fehlende Kontrolle des Vollzugs.

4.3.3.2.2.2 Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen[58]

(662) Bedeutsam ist auch das Energie- und CO_2-Einsparpotenzial, das im Bereich der Nicht-Wohngebäude durch den Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen, insbesondere kleinerer Leistung (Blockheizkraftwerke – im Folgenden: BHKW), und künftig wohl auch Brennstoffzellen ausgeschöpft werden könnte. Trotz eines rückläufigen Wärmebedarfs aufgrund verstärkter Altbausanierung und einer Verschärfung der Verordnungen für den Neubaubereich, wodurch schon im Referenzpfad das Niveau des prinzipiell erschließbaren Wärmepotenzials im Zeitablauf zurückgeht, bleiben noch immer recht beachtliche Energieeinspar- und CO_2-Emissionsminderungspotenziale (Tabelle 4-42). Bei den CO_2-Emissionen sind es im Jahre 2050 immerhin bis zu 20 Mio. t – etwa ein Drittel der heutigen CO_2-Emissionen im GHD-Sektor. Weitere technologiebedingte Einsparungen bei BHKW würde im Übrigen die Wahl der heute schon verfügbaren Brennwerttechnik bringen, die gegenüber der konventionellen Variante eine energieseitige Einsparung von etwa 10 % aufweist. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass die Brennwerttechnik auch in Heizkesseln und Heizzentralen eingesetzt werden kann.

(663) Ein erhebliches Potenzial dürfte sich auch auf längere Sicht im Bereich GHD für den Einsatz von Brennstoffzellen darstellen, zumal in diesem Sektor ein ausgesprochen günstiges Verhältnis zwischen Wärme (rd. drei Viertel) und Strom (rd. ein Viertel) besteht. Allerdings sind hier wohl noch weitere technische Fortschritte notwendig. Welche der Techniken sich in Zukunft durchsetzen wird – kleine KWK-Anlagen und/oder Brennstoffzellen – ist aus heutiger Sicht nur schwer zu beurteilen.

(664) Immerhin könnten auch im Zusammenhang mit der Herausbildung virtueller Kraftwerke völlig neuartige Konzepte entstehen, die einerseits den lokalen Wärmebedarf decken, andererseits aber auch einen wesentlichen Baustein für die künftige Stromversorgung leisten könnten (vgl. Kapitel 4.3.5 und 4.3.6).

Tabelle 4-42

Technisches Wärmepotenzial sowie Energie- und CO_2-Einsparpotenzial durch Einsatz von BHKW im Gebäudebereich

	Einheit	1999	2020	2050
		Technisches BHWK-Wärmepotenzial		
Wohngebäude	PJ	374	292	151
Nicht-Wohngebäude	**PJ**	**558**	**436**	**266**
Gebäude insgesamt	PJ	932	727	418
		Energieeinsparpotenzial		
Wohngebäude	PJ	88–202	69–158	36–82
Nicht-Wohngebäude	**PJ**	**132–302**	**103–236**	**63–144**
Gebäude insgesamt	PJ	220–504	172–394	99–226
		CO_2-Minderungspotenzial		
Wohngebäude	Mio. t	5–29	4–22	2–12
Nicht-Wohngebäude	**Mio. t**	**7–43**	**6–33**	**4–20**
Gebäude insgesamt	Mio. t	12–71	10–55	6–32

[58] Zu den Umwandlungstechniken vgl. auch Kapitel 4.3.5 Umwandlungssektor.

(665) Bezogen auf den Einsatz von BHKW begegnet die Potenzialausschöpfung zahlreichen Hemmnissen. Hierzu weist STE darauf hin, dass es – bedingt durch die Liberalisierung des Strommarktes – zu einem drastischen Rückgang der Strompreise gekommen ist.[59] Dies hat in vielen Fällen dazu geführt, dass BHKW-Anlagen nicht mehr betriebswirtschaftlich betrieben werden können, da die den ursprünglichen wirtschaftlichen Kostenkalkulationen zugrundegelegten Stromerlöse nicht erzielt werden. Unter den derzeitigen Rahmenbedingungen und den gegebenen betriebswirtschaftlichen Kriterien können neue BHKW-Anlagen in der Regel nicht wirtschaftlich betrieben werden, wobei die KWK-Vergünstigungen (z. B. Befreiung von der Stromsteuer, vermiedene Netzkosten nach Verbändevereinbarung II (VVII) und VVII plus etc.) bereits berücksichtigt sind. Da bei Klein-BHKW oftmals gegen den Tarifkunden-Strompreis gerechnet wird (vermiedener EVU-Strombezug), ist die Wirtschaftlichkeit derartiger Anlagen dagegen in vielen Fällen gegeben. Hierbei ist anzustreben, dass der Anteil des produzierten BHKW-Stroms möglichst den Großteil des Stromeigenverbrauchs abdeckt.

(666) Weitere Hemmnisse lassen sich wie folgt stichwortartig zusammenfassen (zur ausführlichen Diskussion der Hemmnisse vgl. die Studien für die früheren Klimaschutz-Enquete-Kommissionen):

- Der Bezug von Zusatzstrom (Reservestrom) einer BHKW-Objektversorgung kann unter derzeitigen Bedingungen die Wirtschaftlichkeit des Objekts in Frage stellen.
- Die Einholung von Genehmigungen und Erlaubnissen für die Aufstellung und den Bau eines BHKW ist bei kleinen Leistungsgrößen mit unverhältnismäßig hohen Kosten verbunden, da nur wenige Bundesländer eine Freistellung der Klein-BHKW von der formellen Antragsstellung kennen.
- Wissens- und Informationsdefizite auf unterschiedlichsten Ebenen sind weiterhin erheblich und stehen somit dem Bau einer möglicherweise geeigneten Objektversorgung entgegen.
- Die gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme muss sich sowohl unter den Bedingungen des Strommarktes als auch unter denen des Wärmemarktes behaupten.
- Nahwärmeversorgungen werden in vielen Fällen durch den forcierten Ausbau einer Gasversorgung behindert. Nach Aussagen der AGFW weisen viele Gebiete mit hoher Bebauungsdichte bereits Gasversorgungsgrade von über 90 % auf.

4.3.3.2.2.3 Einsatz von Brennwertkesseln

(667) Das Einsparpotenzial durch Brennwertkessel im Altbaubestand bei den Nicht-Wohngebäuden schätzt STE für das Jahr 2020 auf 46 PJ bzw. 9 % des dann erwarteten Energieeinsatzes für die Raumwärmebereitstellung. Eine Hochrechnung auf 2050 macht nach Auffassung von STE keinen Sinn, weil der Wirkungsgrad der Niedertemperatur (NT)-Kessel nicht mehr steigen wird und weil bis dahin außerdem nur noch die effizienteren Brennwertkessel zum Einsatz kommen.

4.3.3.2.2.4 Energieträgerwechsel

(668) Durch Energieträgerwechsel veranschlagt STE das damit verbundene CO_2-Emissionsminderungspotenzial für den Bereich der Nicht-Wohngebäude auf 6,1 Mio. t im Jahr 2020 und auf 3 Mio. t im Jahre 2050. Der starke Rückgang ist darauf zurückzuführen, dass durch Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle und durch die stetige Verbesserung der Nutzungsgrade das Niveau des Energieverbrauchs zur Raumwärmebereitstellung insgesamt deutlich reduziert wird, so dass weniger Raum für Substitutionsprozesse bleibt.

4.3.3.2.2.5 Effiziente Lüftungs- und Klimatisierungskonzepte

(669) Die Energieeinsparpotenziale durch Umsetzung effizienterer Lüftungs- und Klimatisierungskonzepte für bestehende raum- und lufttechnische Anlagen (RLT-Anlagen) im Nicht-Wohnbereich werden als sehr hoch eingeschätzt. Dazu werden im Impulsprogramm NRW folgende allgemeine Maßnahmen aufgeführt:

- Grundsätzliche Prüfung der Notwendigkeit der vorgesehenen Anwendung.
- Prüfung der Möglichkeiten natürlicher Belüftung und Klimatisierung.
- Bauliche, betriebliche und organisatorische Voraussetzungen schaffen für die Ermöglichung eines geringen Energieverbrauchs von Anlagen, integrierte Planungsverfahren und Energiekonzepte mit Gesamtsystembetrachtungen.
- Dimensionierungskriterien bedarfsgerecht festlegen, Verzicht auf unnötige Funktionen, überdimensionierte Anlagen und Komponenten, Wirkungsgradoptimierung von Komponenten.
- Bedarfsgerechte Regelung und Betrieb von Anlagen.
- Regelmäßige Messung der Betriebsparameter und Energieverbräuche durch Energiecontrolling.
- Regelmäßige Anlagenwartung, da die kumulierten Betriebskosten die Investition überschreiten.
- Beim Systementscheid grundsätzlich Gesamtkostenbetrachtungen vornehmen (vgl. VDI-Richtlinie 2067).

(670) Weitere spezifische Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs von RLT-Anlagen vor allem im Bestand der Nicht-Wohngebäude sind:

- Entkopplung von Lufttransport (für notwendigen Luftwechsel und -qualität) und thermischer Konditionierung (Heizen, Kühlen über statische Systeme) entsprechend des personenbezogenen Luftbedarfs zur optimalen Anpassung des Luftvolumenstroms.
- Vermeidung von Schadstoffquellen und quellnahe Absaugung sowie Zuführung der Luft in Personennähe (Quell-Lüftung).

[59] Potenzialstudie.

– Reduzierung der zu überwindenden Druckverluste (kleine Luftgeschwindigkeiten, Kanalform, Kanalquerschnitte, Disposition der Kanäle, keine unnötigen Prozess-Stufen, saubere Filter).

– Drehzahlvariable Steuerung der Ventilatoren und Antriebe (EC-Motoren für kleine Leistungen, Frequenz-Umrichtergeregelte Direktantriebe, Flachriemenantrieb bei konstanter Drehzahl).

– Einsatz von Hochleistungs-Radialventilatoren (rückwärtsgekrümmte Schaufeln, meist noch besserer Wirkungsgrad gegenüber Axialventilatoren).

– Filtertechnik und Abluftrecycling (Rezirkulation) sowie – wenn möglich – Umluftbeimischung.

– Bedarfsgerechte Regelung der Lüftung/Klimatisierung der Räume entsprechend der Luftqualität (z. B. CO_2) und thermischen Behaglichkeit (Luftgeschwindigkeit, Temperatur, Luftfeuchte, Strahlungsanteil – vgl. DIN 1946/2) über entsprechende Sensoren.

– Bedarfsgerechte Konditionierung der Zuluft (Be- und Entfeuchtung, Reinigung, Erwärmung oder Kühlung) und Wärmerückgewinnung/Kälterückgewinnung.

– Anlagen mit Volumenströmen >2 000 m^3/h sollten bedarfsabhängig betrieben werden.

(671) Das wirtschaftlich erschließbare Potenzial liegt derzeit bei einer Bandbreite von 50 bis 70 % je nach Branche, Gebäudetyp, Nutzungsart oder Einzelanwendung (Tabelle 4-43). Die Streubreite bezogen auf einzelne Anwendungen ist in diesen Fällen sehr groß. Insbesondere im Gewerbebereich aber beispielsweise auch bei Sporthallen, Messehallen u. a. sind hohe Potenziale vorhanden. Weiterhin weist der Bestand der Verwaltungsgebäude hohe wirtschaftlich erschließbare Einsparpotenziale auf. Der Investitionsaufwand hierfür ist jedoch erheblich und in Anbetracht der Immobilienmarktsituation sowie fehlender Haushaltsmittel und fehlendem Know-how der öffentlichen Hand ist ein längerer Zeithorizont zu erwarten. Hier erschließt sich im übrigen ein wirksames Feld für Contracting-Aktivitäten. Mittel- bis längerfristig werden die Potenziale für den Bestand geringer, weil die dazukommenden Neuanlagen mit besserer Technik arbeiten als die Altanlagen. So verändert sich der Bereich bis 2020 auf 30 bis 50 %. Die Prozentzahlen sind auf den jeweiligen Gesamtbedarf für die Raumheizung bzw. Raumkonditionierung bezogen.

(672) Das wirtschaftliche Energieeinsparpotenzial betrug 1999 rd. 249 bis 349 PJ pro Jahr, bis 2010 beläuft es sich auf 187 bis 280 PJ und bis 2020 auf insgesamt 125 bis 208 PJ.

(673) Das wirtschaftlich erschließbare CO_2-Minderungspotenzial auf der Basis der Verbrauchsstruktur von 1999 betrug 23 bis 32 Mio. t CO_2 pro Jahr. Das Erwartungspotenzial bis 2010 beträgt 17 bis 25 Mio. t und bis 2020 insgesamt 11 bis 18 Mio. t.

(674) Der Rückgang der vorstehend genannten Potenzialwerte resultiert maßgeblich aus dem rückläufigen Energiebedarfsniveau aufgrund der im Zeitablauf höheren Effizienz der Endenergieerzeugung (Strom, Wärme) und dem Einsatz effizienterer Lüftungs- und Klimatisierungstechnologien im Neubaubereich sowie aus einem steigenden Anteil CO_2-neutraler regenerativer Energien bei der Endenergieerzeugung.

Tabelle 4-43

Energie- und CO_2-Emissionsminderungspotenziale im Bereich Klimatisierung und Lüftung von Nicht-Wohngebäuden

Relatives Einsparpotenzial	Einheit	1999	2010	2020
	%	***50–70***	***40–60***	***30–50***
	Energieeinsparpotenzial			
Büro/Verwaltung (B/V)	PJ	45–63	34–50	22–37
Nicht-Wohngebäude ohne B/V	PJ	204–286	154–230	103–171
Gesamt	PJ	249–349	187–280	125–208
	CO_2-Minderungspotenzial			
Büro/Verwaltung (B/V)	Mio. t	4–5	3–5	2–3
Nicht-Wohngebäude ohne B/V	Mio. t	19–27	14–21	9–14
Gesamt	Mio. t	23–32	17–25	11–18

(675) Allerdings ist nicht zu übersehen, dass es eine Reihe von Hemmnissen gibt, die einer Ausschöpfung der Einsparpotenziale entgegenstehen. STE kommt mit Blick auf die Hemmnisse sowie auf die Möglichkeiten ihrer Überwindung zu folgenden Aussagen:

(676) Bisher traten insbesondere im Fall von Neuinstallationen folgende ***Hemmnisse*** auf:

– Komplexität der Auswahl und Entscheidungen bzgl. Verfahrensauswahl.

– Investor/Nutzer Dilemma: verbreitet wird an den Investitionskosten für RLT-Anlagen gespart, was die Betriebskosten für die Nutzer später erhöht, RLT-Anlagen-Planer orientieren sich bisher vor allem an den Interessen der Investoren.

– Integration sowie optimale Bedarfsanpassung von RLT-Anlagen erfolgten zu spät im Bauplanungsprozess; keine integrierten Systemplanungsprozesse.

– Energieverbräuche und Betriebskosten für RLT-Anlagen waren bisher oft nicht transparent und sind nur schwierig zu erfassen (Strombedarf für Ventilatoren, Kälteanlage u. ä; Wärmebedarf für Luftkonditionierung, Abgrenzung statische Heizung), daher geringe Erschließung der Potenziale.

– Spezifische Investitionskosten der Anlagentechnik insbesondere auch für Wärmerückgewinnungsanlagen (WRG-Anlagen) sind noch hoch, Energiekosten noch verhältnismäßig niedrig.

– Transaktionskosten für die Lösung der Intransparenzprobleme und Potenzialerschließung sind hoch, Informationsdefizite in Deutschland vorhanden.

– Unterschiedliche Sichtweisen und Kommunikationsdefizite bei Bau- und Betriebsprozessen.

– Mangelnde Ausführungsqualitäten und schlechtes Image der „Klimaanlagen“ (SBS – Sick Building Syndrom: Gesundheitsbeeinträchtigungen durch nicht optimale Betriebsweise und Auslegung von RLT-Anlagen, pauschale Energiesparversuche in Zeiten der Ölkrise).

– Überdimensionierung und konservative Planung von Anlagen vor allem im Bestand.

– Mangelnde Ausnutzung natürlicher Energiepotenziale und Abwärme (z. B. Umwelt- und Erdwärme).

– Erhebliche Mängel in der Architekten- und Fachplanerausbildung, keine integrierten Studiengänge.

(677) Mögliche ***Lösungsansätze für die Beseitigung*** der aufgeführten Hemmnisse sind:

– Spezialisierte Dienstleister für die Optimierung bestehender RLT-Anlagen müssen sich noch stärker auf den Kundennutzen (Verdeutlichung der attraktiven Amortisationszeiten, Einsparpotenziale) fokussieren und auf die Erschließung der Einsparpotenziale konzentrieren – künftig „Behaglichkeits“-Contracting oder spezielle Dienstleistung im Rahmen des Facility Managements.

– Bedarfsgerechte Auslegung von RLT-Anlagen unter Nutzung modernster Simulations- und Optimierungsinstrumente und integrierter Planung.

– Konsequente Umsetzung von Nachhaltigkeitsprinzipien bei Neuplanung und Betrieb.

– Verbesserung des Qualitätsmanagements für Neubau und Betrieb von Anlagen.

– Senkung von Transaktionskosten und Beseitigung von Intransparenzen durch staatliche Anreize und weitere Forschung im Bereich der RLT-Anlagen im Sinne von Klimaschutz.

– Weitere Senkung der Investitionskosten für Neuanlagen und Komponenten bei gleichzeitig höherer Effizienz und Weiterentwicklung der Anlagentechnik.

– Verbesserung der Gebäudedichtheit und des Heizwärmebedarfs erfordert optimale Lüftungskonzepte, Umsetzung und Vollzugskontrolle.

– Aufstellung und Verschärfung der Energieeffizienzstandards für RLT-Anlagen (zulässige Luftgeschwindigkeiten, Druckverluste u. a. – Orientierung an der Schweiz und Dänemark).

– Integrierte Planung, Energiekonzept in HOAI, Baurecht ab einer gewissen Leistungsgröße.

4.3.3.2.3 Potenziale bei mechanischen Anwendungen

(678) Der Endenergieverbrauch für mechanische Anwendungen lag 2000 (1998) bei 331 (314) PJ. Davon wurden 63 (57) % mit elektrischer Energie und 37 (43) % mit Kraftstoffen betrieben. Der Kraftstoffverbrauch, der dem Sektor GHD zugeordnet wird, fällt zum größten Teil in der Branche Landwirtschaft (landwirtschaftliche Zugmaschinen, Ackerschlepper) und beim Militär an. Beachtet werden muss, dass in vielen Branchen im Sektor GHD hohe Kraftstoffverbräuche auftreten (z. B. Baugewerbe), die jedoch in den Energiebilanzen dem Sektor Verkehr zugeordnet werden. Der Kraftstoffverbrauch in der Landwirtschaft dagegen resultiert hauptsächlich aus der Feldbearbeitung und wird daher nicht dem Verkehr zugeordnet. Der Stromverbrauch für mechanische Anwendungen kann noch schlechter nachgewiesen werden. Der Schätzwert für 2000 beläuft sich auf 208 PJ. Bei allen Anlagen und Geräten sind in der Regel Effizienzsteigerungen durch regelmäßige Wartung und Pflege erreichbar. Bei Anlagen zum Stofftransport können in erster Linie Verbrauchsminderungen durch den Einsatz energieeffizienter und drehzahlgesteuerter Elektromotoren erreicht werden, die als Querschnittstechnologien behandelt werden. Die technischen und wirtschaftlichen CO_2-Minderungspotenziale bei Elektromotoren werden vom ISI mit 4,8 Mio. t (technisch) und 3,0 Mio. t (wirtschaftlich) veranschlagt (Tabelle 4-44).[60]

(679) Wie im Sektor Industrie können bei Pumpen und Ventilatoren durch verbessertes Design Einsparungen in Höhe von 3 bis 5 % des Endenergieverbrauchs erreicht werden. In der Studie von Geiger u. a. (1999) werden Einsparpotenziale in der Größenordnung von 5 bis 15 % für Absauganlagen z. B. in Schreinereien genannt, wenn zen-

[60] Potenzialstudie.

trale Absauganlagen mit Leistungsanpassung und Trennklappen ausgestattet werden, so dass nur bei Geräten im Betriebszustand Unterdruck anliegt. Nur für Einzelfälle nachweisbar sind Verbesserungen, die sich aus der Optimierung eines Gesamtsystems ergeben. Größere Potenziale liegen hauptsächlich im Bereich von Heizungsumwälzpumpen und Ventilatoren.

(680) Im Sektor GHD werden Anwendungen zur Stoffumformung und Stofftrennung nur sehr begrenzt vorgenommen. Eine Ausnahme bildet die Landwirtschaft, in der bedeutende Anteile des Kraftstoffverbrauchs für die Feldbearbeitung verwendet werden, die als Stoffumformung (insbesondere das Pflügen) eingestuft werden kann. Bei der Feldbearbeitung kann durch die Integration mehrerer Arbeitsschritte der Energieaufwand deutlich gesenkt werden; durch den Einsatz von Feldbearbeitungsmaschinen sind Einsparungen bis zu 60 % möglich. Insgesamt wurde das Minderungspotenzial für den Energieverbrauch durch Stoffumformungen auf 18 % geschätzt.

(681) Bei den Anwendungen Verdichten, Kühlen, Gefrieren konnten Einsparoptionen für Kühl- und Gefriergeräte gefunden werden:[61] Für Kompressoren im Sektor GHD konnten keine speziellen Optionen gefunden werden. Bei ihnen sind jedoch, genauso wie bei den Anlagen im Sektor Industrie, Maßnahmen wie Verbesserung der Wartung, Auswechseln von Filtern und regelmäßige Leckagekontrolle möglich. Nach Geiger[62] entfielen 1994 11 % des Stromverbrauchs auf Prozesskälte. Die größten Anteile wurden bei Fleischereien (48 %) und im Einzelhandel (24 %) beobachtet.

(682) Optionen zur Minderung des Energieverbrauchs bestehen vor allem in der Abdeckung der Kühlmöbel im Einzelhandel. Selbst nachts werden Kühlmöbel häufig nicht abgedeckt. Tagsüber werden Abdeckungen wie z. B. Streifenvorhänge als verkaufshemmend abgelehnt. Auch ohne Abdeckungen lassen sich durch Geräte mit verbesserten mehrfachen Luftschleiern Einsparungen erzielen. Im Einzelhandel werden die Einsparpotenziale bei der Kühlung von Geiger[63] auf 30 bis 50 % geschätzt. In landwirtschaftlichen Betrieben kann durch die Nutzung der Kompressorwärme von Milchkühlern zur Warmwassererzeugung eine Energieeinsparung von bis zu 20 % des Energieverbrauchs der Kühlung erreicht werden. Auch in Fleischereien sind solche Maßnahmen möglich. Das Einsparpotenzial bei Kühlgeräten wird von Böde[64] mit 20 bis 50 % angegeben.

(683) Das aggregierte Einsparpotenzial für die mechanischen Anwendungen wurde auf 20 % geschätzt. Dies entspricht – bezogen auf das Jahr 1998 – einer Verbrauchsminderung um 62,8 PJ, die eine Reduktion der CO_2-Emissionen um 8,2 Mio. t bewirken würde (Tabelle 4-45).

4.3.3.2.4 Potenziale bei thermischen Anwendungen

(684) Unter thermischen Anwendungen werden im Folgenden die Warmwasserbereitung sowie die sonstige Prozesswärmeerzeugung betrachtet, also die gesamten Wärmeanwendungen ohne den Energieeinsatz für die Raumwärmebereitstellung.

Tabelle 4-44

Technische und wirtschaftliche Potenziale bei Elektromotoren im Sektor GHD

	Energieverbrauch 1998[1]	EBM[2]	Drehzahlgesteuerte Motoren[2]	Verhaltensmaßnahmen und Auslegungsoptimierung	aggregiertes Einsparpotenzial	Minderung von CO_2-Emissionen
	PJ					Mio. t
Technische Einsparpotenziale	179	6,6	19,7	2,1	27,2	4,8
Wirtschaftliche Einsparpotenziale	179	6,6	7,3	2,1	17,3	3
Wirtschaftliches in % des technischen Potenzials	100	100	37	100	64	63

1 Die Verbrauchsdaten beziehen sich auf alle Motoranwendungen, während die Einsparungen nur Motoren über 0,75 KW berücksichtigen.
2 Motoren > 0,75 KW.

61 Böde u. a. (2000a), Geiger u. a. (1999).
62 Geiger u. a. (1999).
63 Geiger u. a. (1999).
64 Böde u. a. (2000a).

Tabelle 4-45

Einsparung und Emissionsminderungspotenziale im Sektor GHD bei mechanischen Anwendungen

	Energie-ver-brauch 1998	Technisches Einspar-potenzial		Minderung der CO_2-Emissionen
	PJ	PJ	%	Mio. t
Mechanische Anwendungen	314	62,8	20	8,2

(685) Auf die so eingegrenzten thermischen Anwendungen entfiel im Jahre 2000 (1998) mit 372 (369) PJ jeweils rd. ein Viertel des Endenergieverbrauchs von Gewerbe, Handel und Dienstleistungen. Unter den einzelnen Branchen wies die Prozesswärme bei Wäschereien, Bäckereien, Fleischereien, Gartenbau und Gaststätten hohe Anteile am Endenergieverbrauch auf.[65]

(686) Thermische Anwendungen hoher Temperatur (> 200 °C) werden vor allem in Bäckereien angewendet. Hier existieren zahlreiche Optionen, den Energieverbrauch zu vermindern; diese sind jedoch zum Teil schon umgesetzt. Durch den Einbau von Abgasklappen können die Abgasverluste vermieden werden. Mittels Maßnahmen zur Wärmerückgewinnung sind Reduktionen des Energieverbrauchs von bis zu 30 % möglich. Auch bei Backöfen in Supermärkten und Backshops können noch Verbesserungen erzielt werden, z. B. durch eine bessere Dämmung der Ofentüren. Insgesamt wurde das Einsparpotenzial bei den thermischen Anwendungen mit hoher Temperatur auf 25 % geschätzt.

(687) Bei den thermischen Anwendungen zwischen 50 °C und 200 °C wurden die Einsparpotenziale auf rd. 15 % geschätzt. In diesen Temperaturbereich fallen Prozesse wie Waschen, Kochen, Trocknen oder Erwärmen. Auch hier sind vielfach noch Wärmerückgewinnungsmaßnahmen möglich. Bei Trocknern kann hierdurch eine Verbrauchsminderung von bis zu 30 % erreicht werden. Mit dem Einsatz von elektronischen Steuerungen und Luftfeuchtesensoren können Einsparungen von 10 % erreicht werden. In Fleischereien können durch eine bessere Dämmung der Brühkessel 5 bis 10 % des Energieverbrauchs vermieden werden. Weitere Minderungen sind mit dem Einsatz von Gebläsebrennern anstelle atmosphärischer Brenner möglich. Die Wärmerückgewinnung aus Waschwasser bei Wäschereien bietet zwar auch Einsparpotenziale, ist nach Aussagen Geigers[66] häufig jedoch nicht wirtschaftlich. In chemischen Reinigungen sind kaum noch Einsparpotenziale vorhanden, da die Anlagen aufgrund der gestiegenen Anforderungen des Immissionsschutzes einen hohen Stand der Technik erreicht haben.

(688) Zu Niedertemperaturanwendungen konnten keine gesonderten Optionen gefunden werden. Einzig die Dämmung von Baucontainern – die streng genommen in den Raumwärmebereich fällt – wurde von Geiger u. a. (1999) in diesem Bereich aufgeführt. Hier sind noch Einsparpotenziale von 50 % vorhanden.[67] Insgesamt wurde für Niedertemperaturanwendungen ein Einsparpotenzial von 20 % geschätzt. Dieses würde sich durch Maßnahmen der Wärmerückgewinnung vermutlich noch erheblich ausweiten lassen, wie Projektbeispiele aus dem Umweltförderprogramm des Landes Berlin zeigen.

(689) Das Einsparpotenzial für alle thermischen Anwendungen wurde auf 22 % des Endenergieverbrauchs veranschlagt, entsprechend 81,1 PJ (Tabelle 4-46). Dabei konnte keine Unterscheidung nach den eingesetzten Energieträgern gemacht werden. Zur Berechnung des Minderungspotenzials für die CO_2-Emissionen wurde daher auf die Detaillierung des Energieverbrauchs von Geiger und Lindhorst[68] zurückgegriffen. Unter dieser Annahme bewirkt die Verringerung des Energieverbrauchs um 81,1 PJ eine Minderung der CO_2-Emissionen um 7,9 Mio. t.

Tabelle 4-46

Einsparung und Emissionsminderungspotenziale im Sektor GHD bei thermischen Anwendungen[69]

	Energie-ver-brauch 1998	Technisches Einspar-potenzial		Minderung der CO_2-Emissionen
	PJ	PJ	%	Mio. t
Thermische Anwendungen	369	81,1	22	7,9

4.3.3.2.5 Stromeinsparpotenziale nach Studien des Wuppertal-Instituts

(690) In einer Studie zur Bewertung des Kernenergie-Ausstiegs aus klimapolitischer Sicht hat das Wuppertal-Institut (WI) auch das Stromeinsparpotenzial in den einzelnen Verbrauchssektoren untersucht.[70] Für den Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen wurde für die Jahre von 2005 bis 2020 ein Stromeinsparpotenzial als Differenz zwischen einem Trendszenario und einem Einspars-

65 Geiger u. a. (1999).

66 Geiger u. a. (1999).

67 Geiger u. a. (1999).

68 Geiger, Lindhorst (2000).

69 Potenzialstudie.

70 WI (1999a).

zenario ermittelt (Tabelle 4-47). Danach würde sich das Stromeinsparpotenzial für das Jahr 2005 gemessen an dem unterstellten Trendpfad auf rd. 19 TWh (knapp 70 PJ) bzw. 16 % und für das Jahr 2020 auf fast 46 TWh (165 PJ) bzw. 34 % belaufen.

(691) Dabei sieht das WI die größten Einsparpotenziale im Einsatz effizienterer Elektroantriebe, Beleuchtungssysteme (auch Straßenbeleuchtung) und Kühlmöbel, bei der Optimierung von Heizungsanlagen, bei der Vermeidung von Stand-by-Verlusten sowie im Ersatz von Nachtstromspeicherheizungen und von elektrischen Warmwasserbereitungssystemen beim Neueinbau von Zentralheizungen.

– So dürften sich durch den Einsatz **energetisch optimierter Elektromotoren** im Durchschnitt rd. 15 bis 25 % des Stroms einsparen lassen (vgl. auch oben Tabelle 4-44).

– Bei der Bürobeleuchtung wie bei der Ausleuchtung von Verkaufsräumen können durch **effizientere Beleuchtungstechniken** (3-Bandenlampen, verspiegelte Leuchten, Strahler mit Energiesparlampen, elektronische Vorschaltgeräte) gegenüber dem Bestand rd. 50 % des Stroms eingespart werden. Gegenüber dem Trend dürfte das Einsparpotenzial bei der Beleuchtung rd. 27 % betragen. Bei einer Lebensdauer von Beleuchtungsanlagen von etwa 20 Jahren ließe sich dieses Einsparpotenzial bis etwa 2020 vollständig umsetzen. Bis 2005 errechnet sich daraus ein Einsparpotenzial von 2,7 TWh (rd. 10 PJ), das bis 2020 auf 12,1 TWh (44 PJ) steigt.

– Obwohl die **Straßenbeleuchtung** ein relevanter Verbrauchs- und Kostenfaktor für die Kommunen darstellt, bestehen noch hohe Energie- und Kosteneinsparpotenziale, die durch **effizientere Systeme** erschlossen werden könnten. So würde ein Ersatz der Leuchten mit Quecksilber-Hochdrucklampen (HME-Lampen) durch Natrium-Hochdrucklampen (HSE-Lampen) zu Stromeinsparungen von rd. 40 % führen. Weitere Einsparungen von rd. 3 % lassen sich durch zentrale, beleuchtungsabhängige Funksteuerung sowie etwa 17,5 % durch die sogenannte Halbnachtschaltung erzielen. Zusätzliche Einsparungen z. B. bei Ampelanlagen, aber auch im Bereich der Straßenbeleuchtung lässt die LED-Technik erwarten. Insgesamt ergibt sich durch diese Maßnahmen ein Einsparpotenzial von fast 50 %, das im Trend aber wohl nur zur Hälfte realisiert werden dürfte. Insgesamt ergibt sich ein Stromeinsparpotenzial von rd. 1,42 TWh (5 PJ) gegenüber dem stagnierenden Einsatz im Trend, das bis zum Jahr 2010 vollständig umgesetzt werden könnte.

– **Effizientere Kühlmöbel** versprechen ebenfalls erhebliche Einsparpotenziale. Ein Vergleich der am Markt befindlichen Kühlmöbel zeigt eine große Bandbreite von Stromeinsparmöglichkeiten auf. So können die Verbrauchsdifferenzen zwischen dem schlechtesten und dem besten am Markt befindlichen Gerät vielfach bei mehr als 50 %, teilweise sogar bei 70 bis 90 % liegen. Unter der Annahme, dass der Bestandsdurchschnitt heute bereits näher am Mittelwert als am schlechtesten Wert der am Markt angebotenen Kühlmöbel liegt, ergibt sich ein Einsparpotenzial von 41 % bei einer künftig ausschließlichen Verwendung von Bestgeräten. Im Trend dagegen kann allerdings unterstellt werden, dass sich der heutige Verbrauchsmittelwert auch als Bestandsdurchschnitt ergeben wird. Damit wären gegenüber heute Einsparungen von 20 % des Stromverbrauchs verbunden. Zusätzliche Einsparpotenziale sind u. a. durch Anbringung der Beleuchtung außerhalb der Kühlzonen (schätzungsweise bis zu 10 %), Nachtabdeckung von Kühl- und Gefriertruhen (20 bzw. 80 %), sowie, wenn möglich, durch Wahl einer höheren Temperaturstufe des Kühlmöbels (rd. 20 %) und bedarfsgesteuerte Verdampfer erzielbar. Bei Kühl- und Gefrierräumen sind durch den Einsatz von Verbundkälteanlagen gegenüber Einzelanlagen etwa 10 % Strom einsparbar. Bei einer durchschnittlichen Lebensdauer der Kühlmöbel von ca. 15 Jahren ergibt sich ein Stromeinsparpotenzial durch Neukauf von marktbesten Geräten von 0,4 TWh (1,4 PJ) im Jahr 2005 bzw. 1,5 TWh (5,5 PJ) im Jahr 2020, falls in allen Reinvestitionsfällen heute marktbeste Geräte eingesetzt werden.

– Im Sektor GHD können durch hydraulischen Abgleich sowie den Einsatz **optimierter regelbarer Heizungspumpen** 30 bis 40 % des von den Pumpen benötigten Stroms sowie 5 bis 15 % der Heizenergie eingespart werden. Gegenüber der Trendentwicklung bleibt ein Einsparpotenzial von mindestens 30 %. Das gesamte

Tabelle 4-47

Stromeinsatz im Sektor GHD bis 2020: Trend und Einsparpotenzial

	Einheit	2005	2010	2015	2020
Trend-Szenario Einspar-Szenario	TWh	118,6 99,3	127,5 98,1	131,1 94,4	136,4 90,7
Einsparpotenzial	%	19,3 16,0	29,4 23,0	36,7 28,0	45,7 34,0
Anmerkung: Stromverbrauch ohne statistische Differenzen.					

Quelle: Wuppertal-Institut (1999)

Einsparpotenzial wird auf 2,4 bis 4,6 TWh (9 bis 17 PJ) Strom und – vorsichtig geschätzt – etwa 13 TWh (47 PJ) Heizenergie veranschlagt.

– Nach Schätzungen traten 1995 etwa 31 % der gesamten **Leerlaufverluste** im Bürobereich auf. Davon entfiel größenordnungsmäßig jeweils die Hälfte auf Telekommunikationseinrichtungen und Informationstechnik, d. h. im weitesten Sinne auf Bürogeräte sowie Telefonanlagen. Diese Geräte benötigten 1996 nach Geiger u. a.[71] etwa 10 TWh. Bis zum Jahr 2005 scheint eine Verringerung der Stand-by-Verbräuche um 55 % bzw. 4,6 TWh (knapp 17 PJ) möglich zu sein. Bis zum Jahr 2020 steigt die mögliche Einsparung vor allem aufgrund der stark steigenden Geräteausstattung auf 7,7 TWh (28 PJ).

– Abgesehen vom Einsatz effizienterer Geräte lässt sich der Stromverbrauch auch durch den **Ersatz von elektrischen Heiz- und Warmwasserbereitungsanlagen** durch nichtelektrische Systeme reduzieren. Im Jahre 1999 betrug der Stromabsatz nach Heizstrom-Sonderabkommen in den Bereichen Landwirtschaft, öffentliche Einrichtungen sowie Handel und Gewerbe knapp 3,6 TWh. Unter der Annahme, dass mindestens 20 % der Nachtspeicherheizungen bis 2005 und 100 % bis 2020 erneuert, dann aber durch nichtelektrische Systeme ersetzt werden, ergibt sich – bei gleichbleibendem Stromeinsatz wie 1999 – ein Substitutionspotenzial von rd. 0,7 TWh (2,5 PJ) bis 2005 und von 3,6 TWh (13 PJ) bis 2020. Der Stromeinsatz zur Warmwasserbereitung betrug im Jahre 2000 rd. 14,5 TWh (53 PJ). Bis zum Jahre 2005 rechnet das WI mit einem Stromsubstitutionspotenzial von 1,5 TWh (5,4 PJ) und bis 2020 mit einem solchen von 6,1 TWh (22 PJ). (Zum Stromeinsparpotenzial bei Warmwasserbereitungsanlagen vgl. auch oben Kapitel 4.2.3.2.4.)

4.3.3.2.6 Energieeinspar- und CO_2-Minderungspotenziale nach den Ergebnissen des Vorhabens „Politikszenarien II“

(692) In dem für das Umweltbundesamt bearbeiteten Vorhaben „Politikszenarien II“ wurde auch der Sektor GHD gesondert untersucht.[72] Dabei wurden neben einem Referenzszenario auch ein 30 %- sowie ein 40 %-Reduktions-Szenario mit Angaben bis zum Jahre 2020 betrachtet. Die Ergebnisse für diese drei Szenarien sind der Tabelle 4-48 zu entnehmen.

(693) Danach steigt der Energieverbrauch im **Referenzszenario** von 1 570 PJ im Jahre 1995 auf 700 PJ im

Tabelle 4-48

Energieverbrauch und CO_2-Emissionen im Sektor GHD nach den Ergebnissen des Vorhabens „Politikszenarien II“

	1995	2005	2010	2020
	Energieverbrauch in PJ			
Referenz-Szenario		1 700	1 650	1 570
30 %-Reduktions-Szenario	1 570	1 530	1 496	1 400
40 %-Reduktions-Szenario		1 483	1 439	1 296
	Minderung gegenüber Referenz-Szenario in %			
30 %-Reduktions-Szenario		– 10	– 9	– 11
40 %-Reduktions-Szenario		– 13	– 13	– 17
	CO_2-Emissionen in Mio. t			
Referenz-Sezenario		74,3	70,4	62,2
30 %-Reduktions-Szenario	68,3	65,7	65,3	59,6
40 %-Reduktions-Szenario		61,6	56,8	45,8
	Minderung gegenüber Referenz-Szenario in %			
30 %-Reduktions-Szenario		– 12	– 7	– 4
40 %-Reduktions-Szenario		– 17	– 19	– 26

Quelle: Politikszenarien für den Klimaschutz (1999)

[71] Geiger u. a. (1999).

[72] Vergleiche FZ-Jülich (1999).

Jahre 2005 (normale Witterung unterstellt) und vermindert sich danach bis zum Jahr 2020 wieder auf den Ausgangswert von 1 570 PJ. Diese Tendenzen erklären sich aus der zurückgehenden Erwerbsbevölkerung, der zunehmenden Energieeffizienz (insbesondere im Gebäude- und Kesselbereich) und auch aus einem höheren Anteil der wissensintensiven Dienstleistungen. Insgesamt ergibt sich eine Energieintensitäts-Verminderung um fast 2,3 % jährlich. Die Stromintensität vermindert sich um 1,5 %/a. Die direkten CO_2-Emissionen nehmen in diesem Szenario bis 2020 gegenüber 1995 um 9 % auf 62,2 Mio. t CO_2 ab. Davon beruhen fünf Prozentpunkte auf Effizienzverbesserungen und vier Prozentpunkte auf der Substitution von Heizöl und Kohle durch Erdgas.

(694) Gegenüber der Referenzentwicklung reduziert sich der gesamte Endenergiebedarf der Kleinverbraucher bis 2020 im 30 %-Reduktions-Szenario um etwa 170 PJ oder um 11 %. Gleichzeitig fallen die CO_2-Emissionen im Jahre 2005 um knapp 9 Mio. t CO_2 oder um 12 % geringer aus. Die Differenz schrumpft aber bis auf knapp 3 Mio. t CO_2 oder 4 % im Jahr 2020, weil die Emissionen bereits im Referenzszenario von 2010 bis 2020 stark rückläufig sind. Der relativ hohe Rückgang im 30 %-Reduktions-Szenario gegenüber 1995 von 2,6 Mio. t bis 2005 anstelle eines Anstiegs um 6 Mio. t im Referenzszenario ist weitgehend effizienzbestimmt.

(695) Das 30 %-Reduktions-Szenario zeichnet für die Kleinverbraucher eine Entwicklung, die alle als rentabel einzuschätzenden, aber gehemmten Energieeffizienzpotenziale vollständig ausnutzt. Außerdem zeigen sich erste strukturelle Reduktionen der kohlenstoffhaltigen Energieträger Kohle und Heizöl zugunsten des emissionsarmen Erdgases und, quantitativ freilich nahezu bedeutungslos, der erneuerbaren Energiequellen.

(696) Wichtigste Maßnahme zur Erreichung dieser Reduktionen ist die EnergiesparVO, wobei aufgrund der Ausschöpfung des damit verbundenen Potenzials innerhalb eines Investitionszyklus der Kesselanlagen von ca. 15 Jahren eine deutliche Abflachung der CO_2-Minderung erwartet wird. Durch zusätzliche Länder- und Kommunalaktivitäten (z. B. Motivation, Information, finanzielle Anreize) wird bis 2020 mit einer Minderung um etwa 1 Mio. t gerechnet.

(697) Eine Reihe weiterer Maßnahmen trägt zu einer kontinuierlichen Minderung des Energieverbrauchs, insbesondere des Stromverbrauchs, bei. Dazu gehören:

– die Verbesserung von Kreditprogrammen – European Recovery Programme (ERP), Programme der Deutschen Ausgleichsbank (DtA) und der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) – wobei insbesondere auf die rentablen Stromeinsparpotenziale zu achten sein wird,

– Nutzung der Ergebnisse verstärkter Forschung und Entwicklung, insbesondere im Bereich moderner Fassaden- und Fenstersysteme, Beleuchtungssysteme, Klimatisierung und Kälteerzeugung,

– ein gezieltes Fortbildungsprogramm für Heizungs-, Lüftungs- und Klima-Fachpersonal (Potenzial ist nach einer rd. 15-jährigen Laufzeit bis 2015 im Wesentlichen ausgschöpft),

– eine erweiterte Förderung und Rolle von Energieagenturen der Bundesländer, auch unterstützt von der Deutschen Energieagentur (dena),

– Contracting-Förderung und in geeigneten Fällen eine kooperative Beschaffung in Kettenunternehmen des Einzelhandels, Hotel- und Restaurantketten sowie in Filialunternehmen,

– eine ElektroanwendungsVO für Büromaschinen, Umwälzpumpen, Ventilatoren, Klimageräte und -anlagen bzw. alternativ entsprechende Selbstverpflichtungen der Hersteller und Importeure.

(698) Das **40 %-Reduktions-Szenario** bringt gegenüber dem Referenzszenario im Jahre 2020 einen Rückgang des Energieverbrauchs um gut 270 PJ oder rd. 17 %, aber auch eine deutliche Substitution von Heizöl und Kohle durch Naturgas und Fernwärme. Die CO_2-Emissionen fallen deswegen mit knapp 13 Mio. t oder 17 % (2005) bis reichlich 16 Mio. t oder 26 % (2020) gegenüber dem Referenzszenario noch wesentlich niedriger aus. Diese Werte bedeuten für 2020 ganz erhebliche Umstrukturierungen im Energieträgerangebot und weitere Effizienzgewinne, die nur mit erheblichen energiepolitischen Anstrengungen zu realisieren wären.

(699) Die hierzu erforderlichen sektoralen energiepolitischen Maßnahmenkategorien sind dieselben wie im 30 %-Reduktions-Szenario, doch müssten die entsprechenden Instrumente noch wesentlich eingriffsintensiver ausgestaltet werden. Ein großer Anreiz wäre die Veränderung der ökonomischen Rahmenbedingungen durch Einführung einer wirksamen Energie/CO_2-Steuer, die dazu beitragen könnte, dass die Substitution zu kohlenstoffärmeren Energieträgern ebenso wie die Effizienzsteigerungen unterstützt würden. Die Steuer hätte auch den Vorteil, dass einzelne sektorale Maßnahmen (z. B. finanzielle Anreize) weniger intensiv erforderlich und damit Programmkosten staatlicher Maßnahmen begrenzbarer wären.

(700) **Insgesamt** lassen die Reduktionsszenarien erkennen, dass auch im Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen noch große Energieeinspar- und CO_2-Minderungspotenziale vorhanden sind, die durch entsprechende energie- und klimaschutzpolitische Maßnahmen ausgeschöpft werden könnten.

4.3.3.2.7 Verhaltensbezogene Einsparpotenziale

(701) Für verhaltensbezogene Energieeinsparungen im Sektor GHD wurden fünf Querschnittsbereiche identifiziert, die für alle Branchen bedeutsam sind: Heizung, Kühlung und Klimatisierung, Warmwasserbereitung, Beleuchtung und Elektrogerätenutzung.[73] Darüber hinaus wurden branchenspezifische Energieverbrauchs-Segmente betrachtet.

(702) Für den Bereich **Raumheizung** wurde verhaltensbedingt mit einer durchschnittlichen Verminderung des

[73] Die folgenden Ausführungen zu den verhaltensbezogenen Energieeinsparungen sind der Studie von Böde u. a. (2000a) entnommen. Zu den verhaltensbedingten Potenzialen vgl. auch Ausführungen zu Kapitel 4.3.9.

Luftwechsels um ein Drittel und mit einer Raumtemperaturabsenkung von 2 K gerechnet. Unter diesen Voraussetzungen ergibt sich bei Altbauten ein Rückgang des spezifischen Heizwärmeverbrauchs um 30 % und in Neubauten nach verschärfter Energiesparverordnung um 25 %. Bezogen auf das Referenzjahr 1995 wären das 64 TWh oder 230 PJ; bis 2020 würde das Potenzial wegen des steigenden Neubauanteils auf 51 TWh oder 184 PJ zurückgehen.

(703) Bei der Berechnung des **Stromeinsparpotenzials** wurde der gesamte Geräte- und Anlagenbestand des Sektors einbezogen. Dabei zeigte sich, dass durch Verhaltensänderungen der Stromverbrauch erheblich reduziert werden könnte. Dabei ist das Potenzial mit 10,4 TWh (rd. 37 PJ) bei der Beleuchtung mit Abstand am höchsten gegenüber 1,9 TWh (7 PJ) bei Klima- und Lüftungsanlagen und 1,8 TWh (6,5 PJ) bei Bürogeräten.

(704) Im **Warmwasserbereich** wurde, bezogen auf das Bedarfsniveau im Jahre 1995, ein verhaltensbedingtes Einsparpotenzial von rd. 47 %, also rd. 10 TWh (36 PJ) ermittelt. Aufgrund des sinkenden Warmwasserbedarfs vermindert sich dieses Potenzial um gut 10% bis 2020.

(705) Als **Gesamtergebnis** wird die Summe der CO_2-Emissionen für Raumwärme, Strom und Warmwasser betrachtet. Dabei wird die autonome Entwicklung der CO_2-Emissionen, d. h. ohne Forcierung von technischem Fortschritt oder von Einsparmaßnahmen, als Referenzszenario zugrunde gelegt. Das maximale Einsparpotenzial allein durch Verhaltensänderungen beträgt für das Basisjahr 1995 rd. 26,5 Mio. t; aufgrund des erwarteten Rückgangs von CO_2-Emissionen und der fortschreitenden Technikentwicklung dürfte es bis 2020 auf etwa 18 Mio. t sinken (Abbildung 4-25). Das tatsächlich erschließbare Potenzial liegt allerdings deutlich niedriger und ist abhängig vom Erfolg von Programmen, die zu klimagerechtem Verhalten aufrufen und motivieren. Insgesamt dürfte sich das maximale Potenzial bis zum Jahr 2005 um etwa 22 % (4,7 Mio. t CO_2) erschließen lassen; bis 2020 wird mit einer Ausschöpfungsquote von 44 % oder von 7,9 Mio. t CO_2 gerechnet. Faktisch dürfte jedoch das Potenzial noch größer sein, wenn man branchenspezifische Verhaltensmaßnahmen hinzurechnet. Dies belegen zumindest die Einzelfalluntersuchungen für ausgewählte Branchen.

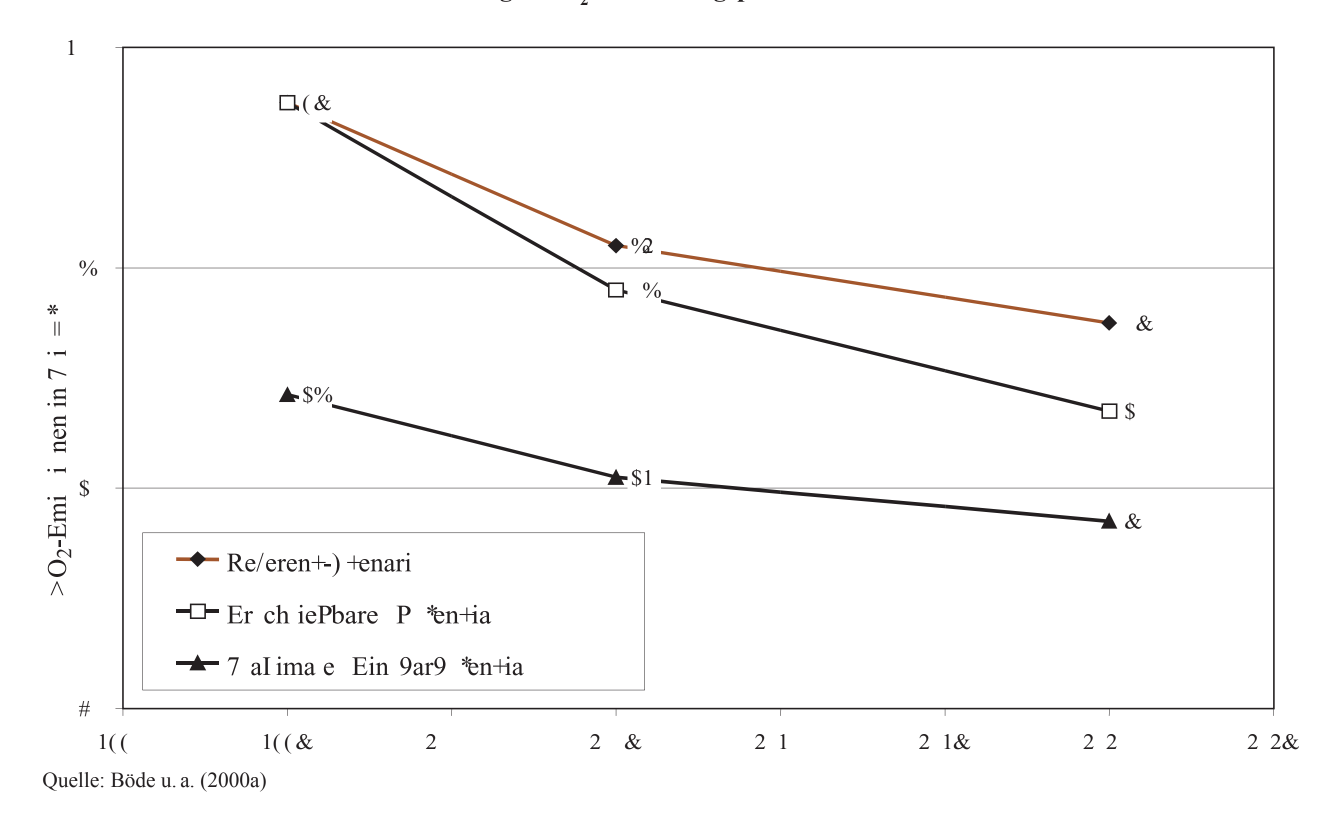
4.3.4. Verkehr[74]

4.3.4.1. Vorbemerkung

(706) Der Bereich Verkehr trägt heute mit rund 22 % zu den energiebedingten CO_2-Emissionen in Deutschland

Abbildung 4-25

Verhaltensbedingte CO_2-Minderungspotenzial im Sektor GHD



Quelle: Böde u. a. (2000a)

[74] Minderheitsvotum des Kommissionsmitglieds der Fraktion der PDS einschließlich des von ihr benannten Sachverständigen Prof. Dr. Jürgen Rochlitz zu Kapitel 4.3.4 siehe am Ende des Kapitels.

bei. Sein Anteil am Endenergieverbrauch lag 2000 bei 30 % und damit um 8 Prozentpunkte höher als 1980. Die CO_2-Freisetzung stieg Anfang der 90er Jahre vereinigungsbedingt deutlich an und hat zwischen 1991 und 2000 um weitere 15 Mio. t oder 9 % zugenommen.

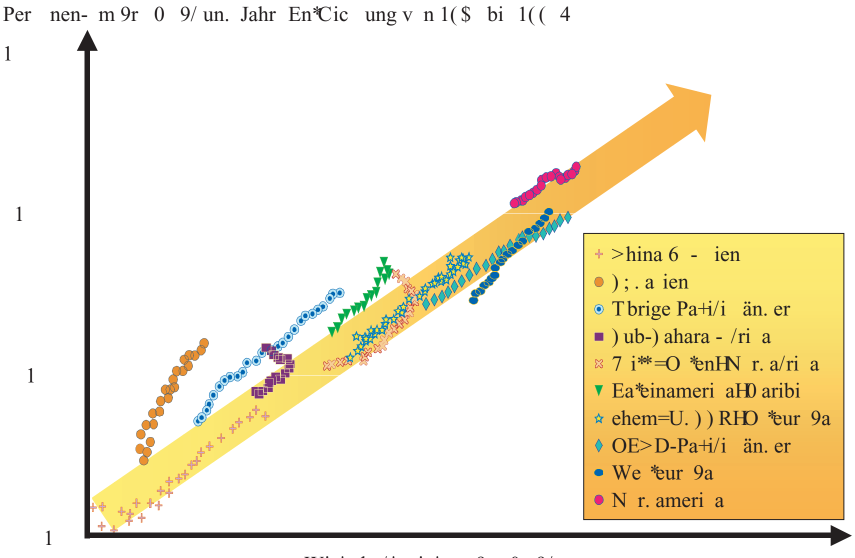
(707) Auch weltweit steigen die Energieverbräuche und die CO_2-Emissionen des Verkehrs. Globale Wirtschaftsbeziehungen und globalisierte Lebensstile entstehen. In Verbindung damit ergeben sich für die Nachfrage nach Verkehrsleistungen in allen Teilbereichen Steigerungsimpulse: Im Luftverkehr, im internationalen Schiffsverkehr, im Straßengüterverkehr und auch im Pkw-Verkehr. Beim Güterverkehr sind erhebliche Verlagerungseffekte zum Lkw-Verkehr zu Lasten der (staatlichen) Eisenbahnen zu beobachten. Zugleich nehmen die Pkw-Bestände in den Schwellen- und Entwicklungsländern rapide zu. Gleichwohl weisen auch die bereits hochmotorisierten Regionen Nordamerika, Mitteleuropa und Japan noch Zuwachsraten im Straßenverkehr auf, wobei es allerdings hinsichtlich des spezifischen Energieverbrauches und der Pro-Kopf-Fahrleistung erhebliche Unterschiede gibt. Effizienzverbesserungen konnten die weltweiten Steigerungen im Energieverbrauch und bei den CO_2-Emissionen lediglich bremsen.

(708) Verkehr ist zugleich Folge und Voraussetzung wirtschaftlicher Entwicklung. Die bisherigen und die im Trend weiter erwarteten Zuwächse im Gesamtverkehrsaufkommen ergeben sich einerseits als Folge gesellschaftlicher sowie wirtschaftsstruktureller Veränderungen. Andererseits hängt der Umfang und die Struktur des Gesamtverkehrsaufkommens von den Rahmenbedingungen ab, die steuernd und regulierend auf das Verkehrssystem einwirken. Deutschland übertrifft beim Pro-Kopf-Energieverbrauch im Verkehr die meisten europäischen Nachbarländer. Im internationalen Vergleich sind die Energieverbräuche der USA und Kanadas im Verkehr allerdings wesentlich höher als in Europa, was gleichermaßen auf höhere Pro-Kopf-Fahrleistungen, höhere Pkw-Verbrauchswerte und höhere Flugfrequenzen zurückzuführen ist. Im Güterverkehr werden in Nordamerika erheblich mehr Tonnenkilometer je Einwohner und Jahr aufgewendet, was trotz des gegenüber Europa deutlich höheren Schienenverkehrsanteiles den spezifischen Energieverbrauch auf ein höheres Niveau treibt. Bei unveränderten mobilitätsintensiven Wirtschaftsmodellen und Lebensstilen der USA sowie Europas und bei andauernder Orientierung der Schwellen- und Entwicklungsländer an einer nachholenden Entwicklung ist zu erwarten, dass der Energieverbrauch im Verkehr und die daraus resultierenden Treibhausgas-Emissionen weltweit erheblich zunehmen. Abbildung 4-26 zeigt für die Jahre 1960–1990 einen bislang signifikanten statistischen Zusammenhang zwischen steigendem Pro-Kopf-Einkommen und den Personen-km pro Kopf und Jahr. Um diesen Trend und den damit verbundenen Zuwachs an CO_2-Emissionen zu stoppen sind weitreichende Maßnahmen in allen Ländern notwendig.

(709) Auch in Deutschland sind umfangreiche Klimaschutzaktivitäten im Bereich Verkehr notwendig, wenn davon ausgegangen wird, dass der Verkehr in angemessenem Umfang zur Realisierung der angestrebten nationalen Klimaschutzziele beiträgt; hinzukommt, dass Industrieländer wie Deutschland eine Vorreiterrolle bei der Demonstration nachhaltiger Mobilitätskonzepte spielen sollten (vgl. auch Kapitel 6.3). Dieses Kapitel beschränkt sich auf die Beschreibung der Möglichkeiten der CO_2-Einsparung bei fahrzeugtechnischen Maßnahmen, bei der konventionellen Antriebstechnik sowie der Verwendung neuer Antriebe und Treibstoffe.

Abbildung 4-26

Zusammenhang von Wirtschaftsleistung und Verkehrsleistung



Quelle: Shell (2001)

(710) Die wichtigsten Energieträger (Treibstoffe) im deutschen Verkehrssystem sind heute mit 45,1 % das Benzin (Normal- und Super-Benzin), Diesel mit 41,7 % und schließlich das ausschließlich im Flugverkehr eingesetzte Kerosin mit 10,8 %. Auf elektrischen Strom entfallen 2,1 % (vor allem Bahnstrom) und 0,2 % hält Biodiesel.

(711) Zwei Drittel des Energieeinsatzes im Verkehrsbereich sind (Stand 1999) auf den Personenverkehr zurückzuführen. Hiervon hält den Hauptanteil der motorisierte Individualverkehr (MIV). In den letzten Jahren stagnierte die hier umgesetzte Energiemenge auf hohem Niveau, auch die Fahrleistung der Pkw hat sich seit 1992 nur noch in geringem Umfang verändert. Daraus leitet sich die Prognose ab: Der durch den MIV bedingte Energieeinsatz wird sich innerhalb der nächsten Jahre bereits im Trend stabilisieren und allmählich langsam sinken, weil Verkehrsaufkommen und Fahrzeugkilometer sich nur noch gering verändern und Fahrzeuge mit höherer Treibstoffeffizienz zum Einsatz kommen werden.

(712) Der Güterverkehr hat während der letzten Dekade eine deutlich höhere Dynamik gezeigt. Eine Fortsetzung des überproportionalen Wachstums wird bei unveränderten Rahmenbedingungen auch für die Zukunft erwartet, allein bis 2020 eine Zunahme der Fahrleistungen um 40 % gegenüber dem Jahr 2000.[75]

(713) Im Luftverkehr ist eine Stabilisierung oder gar Minderung nicht absehbar, weil der grenzüberschreitende Verkehr weiter wachsen wird. Im Gegenteil lassen alle Prognosen kontinuierliche Zuwächse im Energieverbrauch erwarten.

4.3.4.2. Determinanten der Verkehrsentwicklung

(714) Die folgenden Faktoren bestimmen den Endenergieverbrauch des Verkehrs:

- Die Entwicklung des Verkehrsaufkommens in Personen- und Tonnenkilometern insgesamt,
- die Aufteilung des Verkehrsaufkommens auf die verschiedenen Verkehrsträger,
- die Auslastung der Fahrzeuge,
- das Verhalten der Fahrzeugführer,
- die technischen Merkmale der Fahrzeuge, die den Bedarf an Antriebsenergie für die Fahrzeugbewegung bestimmen, insbesondere Masse (inkl. rotierende Massen), Roll- und Luftwiderstand,
- der Wirkungsgrad der Fahrzeugantriebe,
- die Ausstattung der Fahrzeuge mit Nebenverbrauchern bzw. mit Energierückgewinnungseinrichtungen,
- der Zustand der Verkehrswege,
- die Organisation des Verkehrs (Direktheit der Verbindungen, Flüssigkeit des Verkehrs, einfache Möglichkeit zum Wechsel zwischen Verkehrsträgern etc.),
- die Qualität der Information für den Fahrzeugführer über optimale Wege, Verkehrsbehinderungen und andere den Verbrauch oder die Länge der zurückzulegenden Strecken bestimmende Faktoren.

(715) Der Verkehrssektor muss prinzipbedingt mit „edlen“ Endenergien arbeiten, die verlustbehaftet aus Primärenergien hergestellt werden. Daher müssen energie- und umweltentlastende Maßnahmen darauf gerichtet sein, die gesamte Prozesskette der Treibstoffherstellung zu optimieren und Systemlösungen zu finden.

(716) Verkehrsstrukturen und die eingesetzten Fahrzeuge und Geräte sind heterogen. Es ist zudem notwendig, Prioritäten zu setzen. Deshalb konzentriert sich die Kommission im Folgenden auf drei Verkehrsbereiche, die jeweils mit hoch aggregierten Daten beschrieben werden:

- Entwicklung der Pkw-Kilometer auf dem deutschen Straßennetz und Angabe des Kraftstoffverbrauches je Fahrstrecke,
- Entwicklung der Tonnenkilometer im Straßengüterverkehr, im Schienengüterverkehr, in der Binnenschifffahrt und im Luftfrachtverkehr,
- Entwicklung der Zahl der Passagierkilometer in der Personenluftfahrt und Angabe des Kraftstoffverbrauches je Passagierkilometer.

(717) Damit sind auch die für den Energieverbrauch und für den Klimaschutz im Verkehr wesentlichen Bereiche benannt. Sie decken mehr als 95 % des heutigen Energieaufkommens im Verkehr ab.

(718) Wegen der Veränderungen in den Verkehrsstatistiken nach der Wiedervereinigung sind geschlossene Zahlenreihen erst ab 1991 verfügbar, daher wird im Folgenden dieses Jahr als Referenz herangezogen.

4.3.4.3. Die wesentlichen Verkehrsentwicklungen im Überblick

(719) Der motorisierte Individualverkehr (MIV) bewältigte im Jahre 2000 rd. 740 Mrd. Personenkilometer (Pkm) gegenüber 714 Mrd. Pkm im Jahre 1991 – ein Anstieg von rd. 4 %. Motorisierte Zweiräder sind am MIV, gemessen an dem damit erledigten Verkehrsaufkommen (Personenkilometer), nur mit gut 2 % beteiligt. Im Weiteren wird daher vereinfachend MIV mit Pkw/Kombi gleichgesetzt.

(720) Die Entwicklung im Straßengüterverkehr ist durch erhebliche Zuwächse gekennzeichnet. Zwischen 1991 und 2000 stieg er von 246 Mrd. Tonnenkilometer (tkm) auf 347 Mrd. tkm. Dies ist ein Zuwachs von 41 %. Im selben Zeitraum verringerte sich das Verkehrsaufkommen im Schienenverkehr von 80 auf 76 Mrd. tkm, eine Abnahme um ca. 5 %.[76] In der Binnenschifffahrt wird eine Zunahme von 56 Mrd. tkm auf rd. 66,5 Mrd. tkm angegeben, also ein Anstieg um rd. 19 %.

(721) Nach dem Fall des „Eisernen Vorhangs“ verursachte der nach Osten erweiterte europäische Wirtschaftsraum einen erheblichen Zuwachs des Lkw-Verkehrs;

[75] Verkehrsstudie.

[76] BMVBW (2001/2002).

Lkw-Unternehmen aus den zukünftigen Beitrittsländern erhielten Transportrechte in der EU, was die ohnehin gesunkenen Transportpreise zusätzlich unter Druck gesetzt hat. Die Bahn dagegen konnte sich keinen angemessenen Anteil am explodierenden Marktvolumen sichern, weder in Bezug auf die Qualität und Flexibilität ihrer Leistungsangebote noch hinsichtlich der Tarife; vielmehr ging die relative Bedeutung der Schiene im Güterverkehr fortlaufend zurück. Hierzu haben technische Hindernisse und organisatorische Mängel beigetragen.

(722) Dabei sind die infrastrukturellen Voraussetzungen der Schiene für eine stärkere Partizipation an dem vor allem in Ost-West-Richtung zunehmenden Verkehrsvolumen keineswegs ungünstig. Nicht Kapazitätsengpässe im Netz hemmen den Schienentransport in Ost-West-Richtung, vielmehr sind es die betrieblichen Schwierigkeiten, welche einem ähnlich harmonisierten Schienengüterverkehr wie in den USA über große Distanz entgegenstehen.

(723) Das Zusammenwachsen Europas zu einem einheitlichen Wirtschaftsraum begünstigt die Ausdehnung von Produkt- und Distributionsnetzen. Um die Herstellungskosten deutscher Produkte zu senken, werden in steigendem Maße Zulieferungen aus bzw. Teilfertigungen in Ländern mit geringeren Arbeitskosten genutzt. Die steigenden Transportdistanzen werden in dem Umfang akzeptiert, wie dies aus betriebswirtschaftlicher Sicht vorteilhaft ist. Bei nicht kostendeckenden Preisen für die Transportleistungen (inkl. externer Kosten) kommt es unter sonst gleichen Umständen aus volkswirtschaftlicher Sicht zu einer Fehlallokation von Ressourcen, d. h. zu einer transportintensiveren räumlichen Arbeitsteilung bei der Produktion (vgl. Kasten 4-6, „Externe Kosten“). Wenn die Transportpreise nicht verursachungsgerecht die Gesamkosten (inkl. externer Kosten) widerspiegeln, werden sich in Branchen mit relativ hohem Transportkostenanteil Marktverzerrungen und eine volkswirtschaftlich ineffiziente Erweiterung der Distributionsradien ergeben. Gleichzeitig ergeben sich Anreize zum Abbau regionaler Produktions- und Distributionskreisläufe und volkswirtschaftlich ineffizientes verkehrsaufwendigeres Wirtschaften könnte sich leichter durchsetzen. Würde es dagegen gelingen, die volkswirtschaftlichen Kosten des Transportes in den Preisen abzubilden, könnte sich ein anderes, weniger verkehrsaufwendiges Mobilitätsmuster im Verkehrsmarkt einstellen. Dies betrifft sowohl die durchschnittlichen Transportdistanzen als auch die Verkehrsmittelwahl.

(724) Im Luftverkehr sind die nationalen Angaben von begrenztem Wert, weil sie ausschließlich die über deutschem Gebiet erbrachten Tonnenkilometer bzw. Passagierkilometer ausweisen (Territorialprinzip). In dieser Abgrenzung stieg von 1991 bis 1999 die Verkehrsleistung im Luftfrachtverkehr von 429 auf 763 Millionen tkm, was einem Anstieg um 78 % entspricht.

(725) Sicher ist jedoch: Der weitaus größte Teil des auf deutsche Flughäfen entfallenden Verkehrsaufkommens ist dem grenzüberschreitenden Luftverkehr zuzuordnen: Im Jahre 1995 sind laut einer aktuellen Studie[77] bei dem von deutschen Flugplätzen ausgehenden Verkehr 96,7 Mrd. Pkm dem grenzüberschreitenden Luftverkehr und nur 7,2 Mrd. Pkm dem innerdeutschen Luftverkehr zuzuordnen. Der aktuelle fachstatistische Bericht des Statistischen Bundesamtes[78] enthält nunmehr auch Einzelangaben für die hier relevanten Größen ab 1991. Danach ergeben sich für das Jahr 2000 (im Vergleich zu 1991) für:

– Binnenverkehr 9,5 Mrd. Pkm (+ 63 %),
– Grenzüberschreitender Verkehr Inland-Ausland 132,19 Mrd. Pkm (+ 104 %),
– Grenzüberschreitender Verkehr Ausland-Inland 132,98 Mrd. Pkm (+ 105 %),
– Zusammen, Verkehr über gesamte Teilstrecke 274,67 Mrd. Pkm (+ 102 %),
– darunter Verkehr über Deutschland 42,73 Mrd. Pkm (+ 89 %). Diese Zahlen machen deutlich, dass der Begrenzung des Flugverkehrszuwachses in einer auf die Minderung der CO_2-Emissionen abzielenden Verkehrsstrategie eine hohe Priorität zukommt.

Tabelle 4-49

Externkosten des Güterverkehrs

	EUR/1 000 tkm	
	Deutschland	**EUR 17***
Leichte LKW	569	505
Schwere LKW	88	72
LKW gesamt	96	88
Schiene	28	19
Luft	199	205
Schiff	20	17
* EU plus Schweiz und Norwegen		

Quelle: INFRAS/IWW (2000)

Tabelle 4-50

Externkosten des Personenverkehrs

	EUR/1 000 Pkm	
	Deutschland	**EUR 17***
Pkw	113	87
mot. Zweiräder	360	298
Busse	38	38
Straße gesamt	110	85
Schiene	25	20
Luft	48	48
* EU plus Schweiz und Norwegen		

Quelle: INFRAS/IWW (2000)

---

77 TÜV Rheinland u. a. (1999).

78 Statistisches Bundesamt (2001), S. 15.

Kasten 4-6

Externe Kosten

Die Entwicklung der Verkehrsnachfrage sowie der Verteilung auf die einzelnen Verkehrsträger wird von den einzelwirtschaftlichen Kosten beeinflusst, welche die Nutzer zu tragen haben. Die Preise für Fahrzeuge und Kraftstoffe, aber auch für Versicherungsprämien beeinflussen die aktuellen Fahrtentscheidungen (zum Beispiel im Freizeitverkehr), sie beeinflussen mittel- bis langfristig auch die räumlichen Orientierungen hinsichtlich der Wohnortwahl, der Einkaufsorte, der Freizeitziele. So haben sich bereits in der Vergangenheit die Benzin- und Dieselpreise direkt auf die jährlichen Fahrleistungen ausgewirkt. Im gewerblichen Bereich bestimmen die Gestehungskosten der Verkehrsangebote sowohl für Personen- als auch für Gütertransporte ebenfalls die Nachfrage mit. Vor allem die Tarife für Gütertransporte spielen für die Entwicklung der Produktions- und Distributionsnetze eine wichtige Rolle.

In mehreren aktuellen volkswirtschaftlichen Studien wurde nachgewiesen, dass im motorisierten Verkehr ökologische und soziale Kosten in erheblichem Umfang externalisiert werden. Kostendifferenzen in den Studien können sich daraus ergeben, dass z. B. in der Externe E-Studie[79] nur die energiebezogenen externen Effekte erfasst werden, während in der umfassenderen Studie von INFRAS/IWW[80] auch weitere externe Kosten (wie z. B. durch Unfälle, Lärm, Landschaftsauswirkungen verursacht) einbezogen werden. INFRAS berechnet mit dem Basisjahr 1995 die externen Kosten im Verkehr in 17 europäischen Ländern (EU, Norwegen, Schweiz). Es wurde auch eine Trendprojektion für 2010 durchgeführt. Unter den ermittelten externen Kosten für den Personenverkehr sind die Werte von 87 € je 1 000 Pkm für den MIV sowie von 48 € je 1 000 Pkm für den Luftverkehr herausragend, im Güterverkehr wurden externe Kosten von 88 € je 1 000 tkm im Straßengüterverkehr und von sogar 205 € je 1 000 tkm bei der Luftfracht ermittelt.

Für die zukünftige Entwicklung der Verkehrsnachfrage wird es von hoher Bedeutung sein, in welchem Umfang und mit welchen Strategien eine Kosteninternalisierung realisiert wird. Eine Internalisierung von ökologischen und sozialen Kosten durch höhere Steuern und Abgaben würde zu höheren betriebswirtschaftlichen Kosten der Verkehrsnachfrager führen, die daraufhin Verkehrsentscheidungen in dem Umfang revidieren würden, wie dies zur Erzielung eines neuen betriebswirtschaftlichen Kostenminimums notwendig wird.

Aus volkswirtschaftlicher Sicht empfiehlt die Kommission eine möglichst vollständige Internalisierung der externen Kosten durch Steuern und Abgaben, um einer gesamtwirtschaftlich ineffizienten Übernutzung des Faktors Verkehr entgegenzuwirken (Tabellen 4-49 und 4-50). Dabei ist die bereits abgeführte Mineralölsteuer zu berücksichtigen. Einen Hinweis, um welche finanzielle Größenordnung es sich hierbei handelt, kann der Zahlenvergleich für 1995 liefern: Damals erbrachte die Mineralölsteuer insgesamt 28,6 Mrd. €;[81] demgegenüber werden die Externkosten des Verkehrs in Deutschland bei INFRAS/IWW mit 132,5 Mrd. € ermittelt.[82]

Quelle: INFRAS/IWW 2000

(726) Die im nachfolgenden Abschnitt diskutierten Entwicklungsperspektiven gelten unter Trendbedingungen, das heißt sie gehen noch nicht von einer Internalisierung der externen Kosten und damit von deutlich steigenden Preisen für Verkehrsleistungen aus. Derartige Strategien werden im Teil Kapitel 6.3.4.5 behandelt.

4.3.4.4. Determinanten der Trendentwicklung

(727) Zu den einleitend aufgeführten Einflussfaktoren auf den Energieverbrauch im Verkehr werden nachfolgend einige für den Energieverbrauch relevante Entwicklungen diskutiert. Die Anmerkungen konzentrieren sich auf die drei wichtigsten Bereiche Pkw-Verkehr, Lkw-Verkehr und Luftverkehr. Analoge Argumente gelten jedoch auch für die anderen Verkehrssektoren, darunter auch die Bahn.

4.3.4.4.1 Pkw-Verkehr

(728) Maßgeblich für die Entwicklung des Pkw-Verkehrs ist die Zunahme der Zahl der Führerscheinbesitzer, die verbunden mit dem Zuwachs an verfügbarem Einkommen auf das Wachstum des Pkw-Bestandes einwirkt. Zwischen den Jahren 1991 und 2000 hat der Pkw-Bestand von ca. 37 Mio. auf ca. 43 Mio. Einheiten zugenommen, bis zum Jahre 2020 weisen Prognosen einen Bestand zwischen 48 und 55 Mio. Pkw aus.[83] Bei leicht rückläufigen Jahres-

79 Friedrich, Bickel (1997).

80 INFRAS/IWW (2000).

81 BMVBW (2001/2002), S. 270.

82 INFRAS/IWW (2000), S. 61.

83 Shell (2001): 48 Mio. bis 52 Mio., aufgrund der bisher systematischen Unterschätzung der Entwicklung durch die Shell-Studien dürfte nach eigenen Abschätzungen jedoch von einer Überschreitung der oberen Bandbreite und damit bis zu 55 Mio. Pkw auszugehen sein.

fahrleistungen pro Auto – rd. 12 000 Kilometer im Jahre 2000, rd. 11 000 Kilometer im Jahre 2020 – wird sich die Gesamtfahrleistung zwischen 2000 und 2020 laut Shell[84] je nach Randbedingungen von 528 Mrd. auf eine Zahl zwischen 494 und 591 Mrd. Kilometer entwickeln. Die untere Angabe setzt allerdings hohe Abgaben auf das Autofahren voraus.[85]

(729) Die spezifischen Verbrauchswerte des Fahrzeugbestandes haben zwischen 1991 und 2000 bei Pkw mit Otto-Motor von 9,5 auf 8,8 l/100 km abgenommen und bei Diesel-Pkw von 7,7 auf 7,4 l/100 km. Der Verbrauchsvorteil der Diesel-Pkw relativiert sich allerdings dadurch, dass pro Liter Diesel-Kraftstoff etwa 13 % mehr Energie enthalten sind und mehr CO_2 emittiert wird als pro Liter Otto-Kraftstoff. Die Angabe für Otto- und Diesel-Pkw zusammen ist daher nur beschränkt aussagekräftig; danach wäre der spezifische Verbrauch aller Pkw von 1991 bis 2000 von 9,2 auf 8,5 l/100 km gesunken. Bis zum Jahr 2020 prognostiziert Shell einen Durchschnittsverbrauch um 6 l/100 km im Bestand – mithin einen Rückgang von 30 bis 40 %.

(730) Die vorstehenden aggregierten Werte der Fahrleistungsentwicklung und des Kraftstoffverbrauchs unterstellen eine Fortsetzung des derzeitigen Trends, d. h. nicht nur der heutigen verkehrsverursachenden sozialen und räumlichen Entwicklungen, sondern auch der Nutzerpräferenzen und der Pkw-Technik. Dies ist insbesondere von Bedeutung für den Autobahnverkehr. Ausweislich einer Analyse für das Jahr 1995[86] werden rund 60 % der Pkw-Kilometer auf Autobahnen in unbehindertem Verkehr ohne Tempolimit zurückgelegt, was bei einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 130 km/h zu ca. 20 % höherem Kraftstoffverbrauch pro Kilometer führt als auf Strecken mit Tempolimit und einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 110 km/h. Mehr als 40 % höhere Verbräuche treten auf im Vergleich zu gebundenem Autobahnverkehr mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 85 km/h.

4.3.4.4.2 Lkw-Verkehr

(731) Das zwischen 1991 und 2000 aufgetretene Wachstum der auf der Straße transportierten Güter dürfte sich im Prognosezeitraum bis 2020 etwas abgeschwächt fortsetzen.

(732) Im vergangenen Jahrzehnt sind die Fahrleistungen der Lkw (einschl. Sattelzugmaschinen) um rd. 45 % angestiegen, von 51,7 auf 74,8 Mrd. Fahrzeugkilometer (Fzkm). Dies liegt daran, dass sowohl bei den großen Lkw die Beförderungsweiten gestiegen als auch bei den kleinen „Lieferwagen“ besondere Zuwächse eingetreten sind. In diesem Zeitraum haben sich die flexiblen Lieferdienste, die typischerweise mit gering ausgelasteten kleinen bis mittelgroßen Fahrzeugen bedient werden, stark ausgeweitet. Ob der Kleingüterverkehr (zusammengefasst als sog. KEP-Dienste bezeichnet: Kurier-, Express- und Paketdienste) ein weiteres erhebliches Wachstum durch E-Commerce erfahren wird, ist umstritten.

[84] Shell (2001).

[85] Verkehrsstudie.

[86] WI (1999b).

4.3.4.4.3 Luftverkehr

(733) Die zu erwartende Nachfrageentwicklung wird zu einem erheblichen Anstieg des Energieverbrauchs führen, da die absehbaren Effizienzgewinne demgegenüber zurückstehen. Nach vorliegenden Untersuchungen[87] sind Verbrauchssenkungen bei den Antrieben um bis zu 25 % absehbar. Hinzu kommen Verbrauchsminderungen durch Reduzierung des Eigengewichts der Zelle sowie des Luftwiderstandes um 15 bis 20 %. Jedoch dürften diese Verbesserungen bis 2020 nicht in der Flotte signifikant wirksam werden.

(734) Unter Trendbedingungen ergibt sich in der Gesamtbewertung nach dem sogenannten Standortprinzip – wenn alle von Deutschland abgehenden nationalen und internationalen Flüge gezählt werden – eine Verbesserung von 6,6 l/100 Pkm (1995) auf 5,2 l/100 Pkm (2020).[88] Dieser spezifischen Senkung stehen das um den Faktor 2,7 erhöhte Verkehrsaufkommen und der um den Faktor 2,25 ansteigende Umfang der Flugzeugkilometer gegenüber. Aus diesen gegenläufigen Tendenzen resultiert ein deutlicher Anstieg des Kraftstoffverbrauchs von 5,9 Mio. t im Jahre 1995 auf 12,8 Mio. t im Jahre 2020 sowie ein proportionaler Anstieg der CO_2-Emissionen.[89]

(735) Die dieser Untersuchung zugrunde gelegten, auf DLR-Angaben beruhenden Wachstumserwartungen für den Luftverkehr erscheinen allerdings aus heutiger Sicht – trotz der nach den Terroranschlägen vom 11. September 2001 erfolgten Einbrüche in der Nachfrage – eher unplausibel niedrig. Die dort vorausgesetzte Wachstumsrate im grenzüberschreitenden Luftverkehr in Höhe von 3,5 %/a für den Zeitraum 1995–2020 würde bedeuten, dass gegenüber einer bereits realisierten Wachstumsrate von + 7,4 %/a im Zeitraum 1991–2000 für die Folgeperiode 2000–2020 nur mehr eine durchschnittliche Wachstumsrate von 2,9 % realisiert werden kann. Ein Ansatz mit 5 %/a führt dagegen im grenzüberschreitenden Verkehr (gesamte Teilstrecken) zu über 700 Mrd. Pkm im Jahr 2020, etwa 50 % über dem in der Studie zugrunde gelegten Niveau. Damit würde im Jahr 2020 eine Verkehrsleistung im Flugverkehr erreicht, die nur noch leicht unterhalb der heutigen Verkehrsleistung des motorisierten Individualverkehrs liegt.

(736) Zumeist wird davon ausgegangen, dass in allen drei Verkehrssegmenten – Pkw-Verkehr, Lkw-Verkehr, Luftverkehr – bis zum Jahre 2020 im Trend kein wesentlicher Einsatz sog. alternativer Energieträger stattfindet.

(737) Eine Zusammenfassung bekannter Untersuchungen in Deutschland, Abbildung 4-27, zeigt für den gesamten Verkehrssektor je nach Annahmen von 1997 bis 2020 eine Spannweite der Entwicklung der CO_2-Emissionen von – 16,1 % bis + 10,2 %.[90] Im Vergleich zum Basisjahr 1997 errechnet das WI[91] Änderungsraten bis 2020 von

[87] TÜV Rheinland u. a.(1999).

[88] TÜV Rheinland u. a. (1999).

[89] TÜV Rheinland u. a. (1999).

[90] Verkehrsstudie.

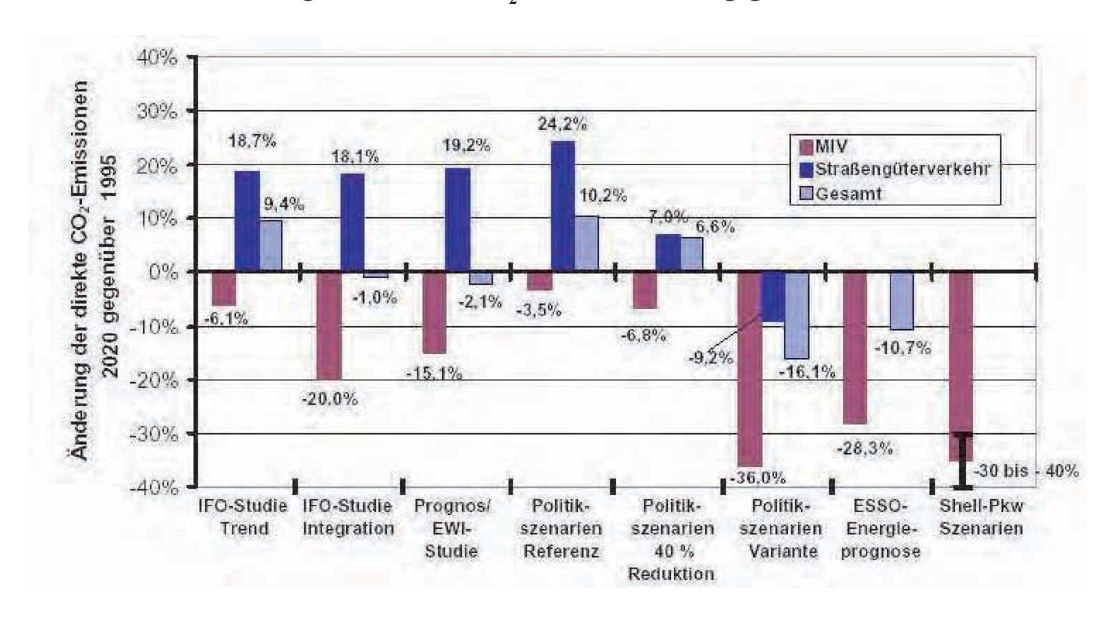
[91] WI (1999b).

–3,1% bei Pkw, +32,7% beim Straßengüterverkehr und von +21,9% insgesamt.[92]

(739) Der verstärkte Einsatz von IuK in Wirtschaft und Gesellschaft beschleunigt Veränderungen von Beschaffungs- und Produktionsprozessen ebenso wie die Modifikation von Arbeitsmethoden und des Kaufverhaltens (vgl. Kasten 4-7). Inwiefern hierdurch bei Berücksichtigung von Rück- und Wechselwirkungen netto und langfristig physische Mobilität durch Datentransporte und Dematerialisierungsprozesse substituiert wird, ist eine noch weitgehend offene Forschungsfrage. Dies gilt insbesondere auch deshalb, weil viele mit dem Internet verbundene Entwicklungsprozesse noch nicht abgeschlossen sind. Begrenzte Abschätzung der Auswirkungen von IuK-Technologien auf den Verkehr sind gleichwohl möglich und liegen in einigen Studien vor[95] (vgl. Kasten 4-8). Dabei handelt es sich jedoch noch nicht um eine szenariengestützte Gesamtanalyse der denkbaren mittel- und langfristigen Nettoeffekte (Saldierung von verkehrserzeugenden bzw. verkehrsersetzen-

Abbildung 4-27

Änderung der direkten CO_2-Emissionen 1995 gegenüber 2020



Kasten 4-7

Die verkehrlichen Auswirkungen der Informations- und Kommunikationstechnologien

Die Informations- und Kommunikationstechnologien (IuK) haben einen neuen und wachsenden globalen Markt für neue Güter und Dienstleistungen kreiert. Das Internet ist dabei die wichtigste Innovation des Informationszeitalters.[93] Zur Zeit nutzen 515/550[94] Mio. Menschen weltweit das Internet. 2005 werden es voraussichtlich eine Milliarde Menschen sein. Das Internet wird aufgrund seiner weltweiten Ausbreitung die traditionellen Kommunikationswege sowohl im Unternehmensbereich als auch im privaten Haushaltsbereich und im öffentlichen Sektor wesentlich verändern. Auch wirtschaftliche Prozesse und Verhaltensweisen wie auch Wertschöpfungsketten und private Einkaufsformen werden sich durch den Einsatz moderner Informations- und Kommunikationstechniken (IuK) und vor allem des Internets erheblich wandeln.

Diese Veränderungen können beträchtliche Auswirkungen auf das zukünftige Verkehrsaufkommen und die Verkehrsstruktur haben.

---

92 Persönliche Mitteilung Karl Otto Schallaböck, Mai 2002.

93 Booz, Allen & Hamilton (2000).

94 Zeitschrift CT vom 17. Juni, http://www.glrach.com/globstat (Global Reach) bzw. http://www.nua.ie/surveys .

95 BMVBW (2001), Schnorr-Bäcker (2001), Prognos (1999b). Das TAB untersucht im Rahmen eines Forschungsprogramms zum E-Commerce auch in einer branchenspezifischen Fallstudie die verkehrlichen Wirkungen des E-Commerce. Die Ergebnisse werden voraussichtlich im Frühjahr 2002 veröffentlicht.

Kasten 4-8

Typologie von verkehrsrelevanten Internetnutzungen

Business-to-Business (B2B)	Das Internet wird für den Handel von Gütern und Dienstleistungen zwischen Unternehmen eingesetzt.
Business-to-Consumer (B2C)	Das Internet wird auf der Nachfrageseite von privaten Verbrauchern zur Bestellung von Waren und Dienstleistungen genutzt. Auf der Angebotsseite stellen Unternehmen ihre Produkte und Dienste für den Endverbraucher im Internet dar.
Mobile Commerce (M-commerce)	Sonderform B2C. Die Geschäfte werden mobil vorgenommen.
E-Government	Angebots- und Bieterverfahren der öffentlichen Hand werden elektronisch mit Hilfe des Internets durchgeführt. Dienstleistungen der öffentlichen Hand (virtuelles Rathaus).
Telearbeit	Arbeitnehmer/innen erbringen ihre Leistung vorwiegend von zu Hause aus. Sie nutzen dabei – auch unabhängig vom Internet – die Informations- und Kommunikationstechnologien (IuK).

den Datentransfers), wobei insbesondere auch die Verkehrseffekte im Rahmen der Globalisierung einzubeziehen wären. Im Zusammenhang mit der Empfehlung der Enquete-Komission, vor allem die systemaren Effekte einer nachhaltigen Entwicklung von Mobilität in einer Nachfolge-Enquete-Kommission näher zu untersuchen (vgl. Kapitel 4.4 und Kapitel 7) sollten daher auch den verkehrsrelevanten Auswirkungen der IuK-Technologien besondere Beachtung geschenkt werden.

4.3.4.5 Übersicht über verkehrsrelevante Effizienztechniken

4.3.4.5.1 Kategorisierung der Maßnahmen

(740) Zur Minderung der verkehrsbedingten Emissionen können am einzelnen Fahrzeug bzw. Fluggerät Maßnahmen aus den folgenden Kategorien einzeln oder in Kombination eingesetzt werden:

– Verminderung aller Betriebswiderstände (z. B. Gewicht, Roll- und Luftwiderstand),

– Energiemanagement im Fahrzeug (z. B. Abwärmenutzung, Bremsenergierückgewinnung, Management der Nebenverbraucher),

– Effizienzverbesserung an konventionellen Antrieben (Erhöhung des Wirkungsgrades bei der Umsetzung des Treibstoffes in Bewegungsenergie des Fahrzeuges),

– Verwendung neuer Antriebe (z. B. Brennstoffzellen, Elektromotor),

– Einsatz alternativer Treibstoffe mit geringerem Gehalt an fossilem Kohlenstoff (z. B. Methanol, Wasserstoff; dabei muss die Bereitstellungskette mit betrachtet werden),[96]

– Unterstützung des Fahrers bei der energieeffizienten Nutzung eines Fahrzeuges durch Verhaltenstraining und Fahrerassistenzsysteme.

(741) Eine Reduzierung des Energiebedarfes durch Optimierung der Fahrzeugtechnik ist für den flächendeckenden Einsatz alternativer Treibstoffe wegen deren begrenzter klimaverträglichen bzw. kostengünstigen Verfügbarkeit und der hohen Verluste in den vorgelagerten Prozessketten zweckmäßig.

4.3.4.5.2 Verbesserung durch Fahrzeugtechnik und konventionelle Antriebe

(742) In den für den Energieverbrauch des Verkehrs wesentlichen Segmenten sind vorstehend bereits einige Hinweise zu der absehbaren Technikentwicklung gegeben worden. Die dort getroffenen Trendaussagen basieren auf der Kenntnis des derzeitigen Entwicklungsstandes und einer Abschätzung der unter Trendbedingungen absehbaren

[96] Nach IPCC (1999) ist davon auszugehen, dass beim Einsatz herkömmlicher Kohlenwasserstoffe (Kerosin) als Treibstoff die Wirkung auf den Treibhauseffekt durch die luftverkehrsbedingten Emissionen um den Faktor 2 bis 4 größer ist als durch das emittierte Kohlendioxid allein. Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass in den üblichen Flughöhen auch die Stickoxid- und Wasserdampfemissionen sehr maßgeblich zum Treibhauseffekt beitragen. Aufgrund der hohen Klimawirksamkeit der Wasserdampfemissionen ist der Einsatz von reinem Wasserstoff als Treibstoff im Luftverkehr problematisch. Es entsteht zwar dann kein Kohlendioxid, aber deutlich mehr Wasserdampf.

Entwicklungsperspektiven. Nachfolgend werden die Technikaspekte zusammengefasst.

4.3.4.5.2.1 Wirkungsgrad der Fahrzeugantriebe

(743) Dieselmotoren sind heute die energetisch effizientesten Antriebsmaschinen für Land- und Seefahrzeuge. Weitere Verbesserungen sind von noch differenzierter steuerbaren Einspritzanlagen, geregelten Abgasrückführungen und vielen anderen Detailverbesserungen zu erwarten. Bisher hat der Diesel im Vergleich zum Ottomotor noch den Nachteil wesentlich höherer Partikelemissionen. Durch weitere innermotorische Verbesserungen in Verbindung mit besseren (vor allem schwefelärmeren Kraftstoffen) oder durch den Einsatz von Partikelfiltern wird diese Problematik innerhalb der nächsten fünf Jahre entschärft werden; allerdings müssen dazu Zugeständnisse beim Kraftstoffverbrauch gemacht werden. Bei schweren Nutzfahrzeugen werden zur Erfüllung der Abgasminderungsstufe Euro 4 wahrscheinlich NO_x-reduzierende Katalysatoren erforderlich.

(744) Bei Ottomotoren bestehen ähnlich große Effizienzpotenziale, wie sie in der Dieselentwicklung realisiert worden sind. Die wichtigsten Ansätze sind:

- Vollvariable Sauganlagen,
- Aufladung ggf. kombiniert mit einer Verkleinerung des Hubraums,
- Zylinderabschaltung,
- Variable Verdichtung.

(745) Voraussetzung für die Nutzung einiger dieser Potenziale (bei Direkteinspeisung und Magerbetrieb) ist die flächendeckende Verfügbarkeit von sehr schwefelarmen Kraftstoffen (weniger als 10 ppm Schwefelgehalt), da nur so die Verwendung von $DeNO_x$-Katalysatoren zur Einhaltung der Schadstoffgrenzwerte in weiten Kennfeldbereichen möglich wird.

(746) In der Summe werden beim Ottomotor Verbesserungen der spezifischen Verbräuche um bis zu 35 % für grundsätzlich möglich gehalten. Allerdings sind noch erhebliche Entwicklungsanstrengungen erforderlich, um die an Labormustern erprobten Einzeltechnologien als großserientaugliche Gebrauchsgüter mit langfristig garantierbarer Funktion umzusetzen. Die Durchdringung der industriellen Produktion mit diesen neuen Technologien dürfte gegenüber der jetzt festzustellenden Geschwindigkeit von ca. 2 bis 3 % Verbesserung pro Jahr kaum dauerhaft zu steigern sein.

(747) Bezüglich der lufthygienisch relevanten Emissionen an Schadstoffen – CO, NO_x, unverbrannte Kohlwasserstoffe, Partikel, SO_2, Schwermetalle – besteht nach Ansicht des UBA mit Ausnahme der Feinststaub-Problematik (Abgaspartikel mit sehr kleinen Durchmessern) aus heutiger Sicht praktisch kein Handlungsdruck mehr; mit den eingeleiteten Verschärfungen der Abgasgrenzwerte (Stufe Euro 4 und 5) dürften die lufthygienisch erforderlichen Umweltqualitäten gesichert werden.[97]

(748) Im Vergleich der Konzepte werden sich Fahrzeuge mit Diesel- und Ottomotoren sowohl hinsichtlich ihrer Schadstoffemissionen als auch bezüglich ihrer Verbrauchskennwerte weiter annähern. Die derzeitigen Unterschiede in der Behandlung durch den Gesetzgeber bei Kfz-Steuer, Mineralölsteuer und Abgasgrenzwerten verlieren damit ihre Berechtigung.

(749) Neue Brennverfahren, die den Unterschied zwischen Benzin- und Dieselmotor weitgehend aufheben könnten, befinden sich im Forschungsstadium. Sie bieten theoretisch nochmals ein beträchtliches Potenzial zur Verbrauchsminderung, ihre praktische Umsetzbarkeit ist aber noch nicht sicher einschätzbar.

(750) Einige Maßnahmen sind nicht an das gewählte Verbrennungsverfahren gekoppelt. Einige davon sind:

- Übergang auf ein 42 V-Bordnetz mit vielfältigen Möglichkeiten zur Verminderung der Energieaufnahme von Nebenverbrauchern,
- Schwung-Nutz-Automatik,
- Kennfeldgesteuerte oder geregelte Kühlung.

(751) Auch bei Flugzeug- und Schiffsantrieben sind wie beim Pkw weitere technische Innovationen möglich.

4.3.4.5.2.2 Reduzierung des Antriebs-Energiebedarfes

(752) Die bisher aufgeführten Maßnahmen betreffen im Wesentlichen die Verbesserung der Bereitstellung der benötigten Energie in einem Fahrzeug. Korrespondierend dazu sind zahlreiche Maßnahmen möglich, die den Energiebedarf für den Betrieb eines Fahrzeugs wesentlich reduzieren können:

- Reduzierung der Rollwiderstände,
- Reduzierung des Luftwiderstandes,
- Reduzierung des Beschleunigungswiderstandes.

(753) Der Rollwiderstand kann über die Eigenschaften der Reifen (auch der Fahrbahn) gemindert werden. Verbesserungen stehen hier aber in einem latenten Widerspruch zu anderen Eigenschaften wie z. B. der Haftung bei Kälte oder Nässe oder der Haltbarkeit. Dennoch sind für Neureifen Verbesserungen in der Größenordnung von ca. 20 % im nächsten Jahrzehnt vorstellbar.[98] Eine weitere Maßnahme zur Minderung des Rollwiderstandes ist die Reduzierung des Fahrzeuggewichtes (s. u.).

(754) Der Luftwiderstand bestimmt sich durch die Querschnittfläche des Fahrzeugs und den c_x-Wert, der die aerodynamische Qualität der Fahrzeugform beschreibt. Die Querschnittsfläche wird durch die Funktion des Fahrzeugs festgelegt und kann für übliche Pkw ohne Komforteinbuße kaum unter 1,9 m^2 gesenkt werden. Beim c_x-Wert erscheint eine Reduktion um weitere 10 bis 20 % nicht ausgeschlossen.[99]

[97] Friedrich (2001).

[98] Basis $f_R = 0{,}09$.

[99] Basis $C_x = 0{,}3$.

(755) Der Beschleunigungswiderstand hängt – wie der Rollwiderstand – wesentlich vom Gewicht des Fahrzeugs (und von dessen rotierenden Massen) ab. In den vergangenen Jahren wurden daher bereits erhebliche Anstrengungen unternommen, leichtere Konstruktionen zu entwickeln. Die entsprechenden Fortschritte wurden aber im Wesentlichen durch den Trend zu höheren Standards bei aktiver und passiver Sicherheit, zu verminderter Anfälligkeit bei Bagatellunfällen, zu Komfortverbesserungen usw. kompensiert. Die dennoch zu beobachtenden Verbrauchssenkungen gehen also überwiegend auf Verbesserungen am c_x-Wert, am Rollwiderstand und vor allem am Antriebsstrang zurück.

(756) Die Bemühungen der Fahrzeughersteller zum Leichtbau dürften auch in Zukunft fortgesetzt werden. Wenn auf dem Gebiet der Ausstattungen eine gewisse Sättigung bei gewichtstreibenden Komponenten erreicht ist, könnten zukünftig die Gesamtgewichte fallen (unter sonst gleichen Umständen, d. h. kein weiteres Wachstum der mittleren Fahrzeuggröße unterstellt). Der Bereich der Technologien zur Senkung der Fahrzeugmasse ist außerordentlich breit und geht von der Verwendung neuartiger hoch- und höchstfester Stähle in speziell angepassten Konstruktionen über die Substitution durch Leichtbaumaterialien (z. B Magnesium) bis zur Reduktion von Leitungsquerschnitten, ermöglicht durch die 42 V-Technik.

(757) Bereits heute wäre es mit höheren Kosten technisch möglich, durch den Einsatz von Aluminium oder durch Verbundwerkstoffe die Masse eines Fahrzeuges der unteren Mittelklasse von ca. 1 200 auf 1 000 kg zu reduzieren (siehe auch A2 von Audi). Weitere Verbesserungen und eine Kostensenkung erscheinen jedoch zukünftig möglich, wobei über die mittelfristigen Kostenperspektiven keine zuverlässigen Aussagen getroffen werden können.

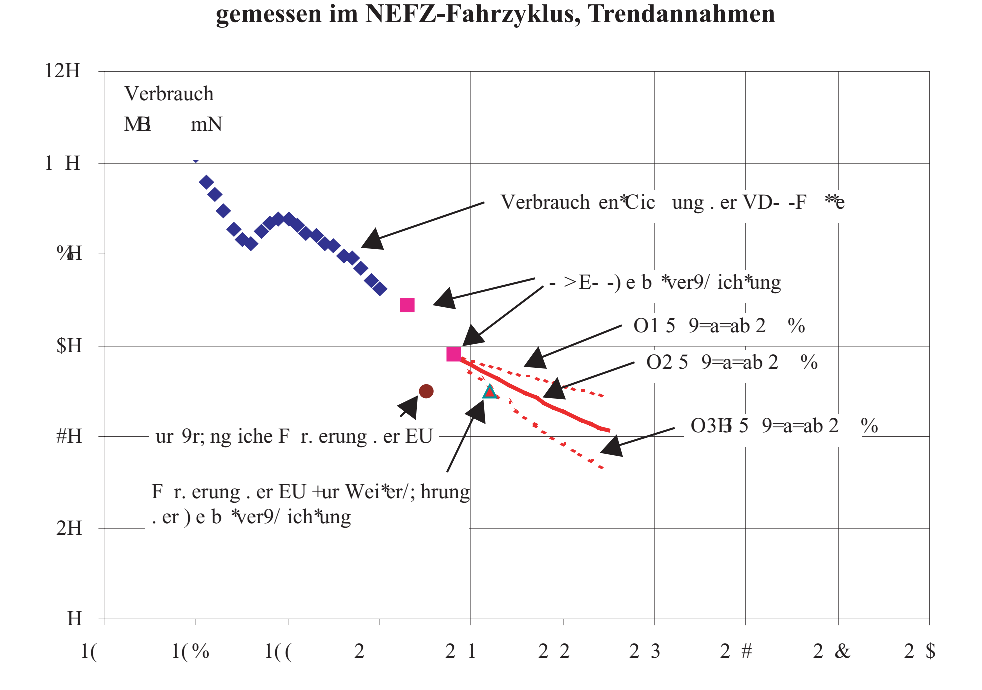
(758) In der Summe aller Maßnahmen bedeutet der durch die Selbstverpflichtung des ACEA vorgegebene Trend eine jährliche Verbesserung des Verbrauchs neu zugelassener Fahrzeuge um ca. 3,3 %. Es erscheint zweifelhaft, ob diese Verbesserungsgeschwindigkeit beibehalten werden kann. Historisch lagen die Verbesserungen trotz scharfen Wettbewerbs eher bei 2 % p. a. Das bedeutet eine Verbesserung von einer Fahrzeuggeneration zur nächsten um rund 15 %. Damit wäre 2025 bei Neuwagen ein Verbrauchsniveau von 4,0 bis 4,5 l/100 km zu erreichen. Wenn der durch die Selbstverpflichtung des ACEA begonnene Trend über 2008 hinaus fortgesetzt würde, ergäbe sich 2025 ein mittlerer Verbrauch von Neufahrzeugen von ca. 3,3 l/100 km (Abbildung 4-28).

4.3.4.5.2.3 Weitergehende Technikpotenziale

(759) Die vorstehenden Überlegungen bezogen sich auf technische Entwicklungstrends unter der Annahme, dass die bestehenden energie- und verkehrspolitischen Rahmenbedingungen im Wesentlichen stabil bleiben. Weitergehende Technikpotenziale könnten jedoch ggf. unter der Prämisse erschlossen werden, dass durch forcierte Verbrauchsstandards und/oder wesentlich erhöhte Kraftstoffpreise der Faktor Energieverbrauch aus Hersteller- und aus Kundensicht erheblich stärker gewichtet wird, als dies heute der Fall ist. Derartige Perspektiven sind vor allem für Pkw entwickelt worden. Für Nutzfahrzeuge sind die Potenziale aufgrund der höheren Massenanteile der Nutzlast pro Fahrzeug erheblich geringer. Geschlossene Darstellungen für Flugzeuge, Schienenfahrzeuge und Schiffe liegen nicht vor.

Abbildung 4-28

Mittlerer Verbrauch der pro Jahr in Deutschland neu zugelassenen Pkw- und Kombi in l/100 km gemessen im NEFZ-Fahrzyklus, Trendannahmen



(760) Konzeptstudien für Pkw mit erheblich reduziertem Energieverbrauch sind zunächst von Lovins[100] vorgestellt worden, in jüngster Zeit aber u. a. auch von VW.[101] Darin wird argumentiert, dass ein konsequenter Einsatz von kohlefaserverstärkten Werkstoffen beispielsweise die Masse von amerikanischen Mittelklassefahrzeugen von heute 1 500 bis 1 600 kg auf unter 600 kg reduzieren könne. Unter weiteren ambitionierten Annahmen hinsichtlich der Verbesserung des Luftwiderstandes und des Rollwiderstandes sowie der Rückspeisung von Bremsenergie mit einem Wirkungsgrad von 70 % in den Hybridantrieb geht Lovins von einer Verbesserung des Kraftstoffverbrauches um etwa den Faktor 10 aus. Dabei setzt er den US-Stadtfahrtzyklus voraus. Ein praktischer Nachweis für diese theoretischen Ergebnisse z. B. durch serienfähige Prototypen konnte allerdings noch nicht erbracht werden.

(761) Ähnliche Ansätze in der Schweiz haben zu sehr interessanten Prototypen geführt, aber – überwiegend aus fertigungstechnischen Gründen – ebenfalls keinen Weg in die Serienproduktion gefunden. Dabei muss es gegenwärtig offen bleiben, ob über die Herstellungskosten und die generellen Innovationskosten hinaus, prinzipielle Zweifel an der Machbarkeit des Konzeptes begründet sind. Eine aktuelle Untersuchung[102] kommt diesbezüglich zu grundsätzlich positiven Befunden. Auch in der Life-Cycle-Bewertung über die gesamte Kette Herstellung-Nutzung-Recycling zeigte sich, dass eine Karosserie aus faserverstärkten Kunststoffen prinzipiell Vorteile in der Gesamtenergiebilanz gegenüber der Stahlbauweise aufweist.

(762) Die US-Regierung hat 1993 ein groß angelegtes „Programme for a New Generation of Vehicles“ initiiert, das allerdings bei weitem nicht so anspruchsvolle Ziele anstrebte – es wurde im Februar 2002 abgebrochen (vgl. auch Kasten 4-9).

(763) In der Automobilindustrie wurden und werden Ansätze zu „radikalem“ Leichtbau seit längerem verfolgt. Neben extremen Sportwagen ist hier vor allem der Bus „Neoplan Metroliner“ zu nennen, der erstmalig fast vollständig aus Kunststoffverbundmaterialien hergestellt wurde; die Produktion wurde inzwischen eingestellt. Von BMW und VW ist bekannt, dass intensiv an der serientauglichen Umsetzung von CFK-Strukturen gearbeitet wird. VW hat am 15. April 2002 ein „1-Liter-Auto“[103] vorgestellt, das alle Möglichkeiten des Leichtbaus nutzt. Es handelt sich um einen Zweisitzer in Tandemanordnung.

(764) Auch bei Lkw setzt sich im Trend die Motorelektronik zur Steuerung von Einspritzzeitpunkt, Einspritzdrücken, Abgasrückführung, Getriebe etc. breit durch. Sie wird im Zusammenhang mit der Abgasnachbehandlung nochmals an Umfang und Bedeutung gewinnen. In Teilsegmenten wie dem städtischen Lieferverkehr (und bei Bussen) wäre der Einsatz von Hybridantrieben und regenerativer Rückspeisung von Bremsenergie ähnlich wie bei den entsprechenden Pkw-Konzepten grundsätzlich möglich. Auch durch Leichtbautechnologien können Verbesserungen erzielt werden.

4.3.4.6 Neue Antriebe und neue Treibstoffe

4.3.4.6.1 Die klassischen Kraftstoffe

(765) Neben einer Verbesserung der Effizienz der Fahrzeuge können auch Umstellungen in der Treibstoffversorgung zu einer Verminderung der THG-Emissionen beitragen. Viele der Innovationen bei konventionellen Diesel- und Ottomotoren können nur mit weiter verbesserten Kraftstoffen umgesetzt werden. Im Rahmen von großen gemeinsamen Forschungsprogrammen (Auto Oil I und II) haben die Automobilindustrie und die Mineralölwirtschaft die Grundlagen für diese Entwicklung geschaffen.[104] Noch weitergehende Forderungen wurden seitens der Fahrzeugindustrie in der World Fuel Charta definiert. Der Verkehrsbereich ist heute nahezu vollständig abhängig von nur einem Rohstoff, dem Mineralöl. Es gestattet mit sehr geringem Aufwand die Gewinnung der Endenergieträger Kerosin, Benzin und Diesel. Eine physische Verknappung des Rohöls ist derzeit auf mittlere Sicht nicht absehbar, politisch verursachte Lieferprobleme sind jedoch durchaus zeitweilig – für Monate – möglich; zudem sind Preisrisiken nicht auszuschließen und Preisvolatilitäten sind beim Rohöl relativ wahrscheinlich, die allerdings wegen der Steuer beim Tankstellenpreis erheblich abgeschwächt werden.

(766) Trotz der heute vollständigen Abhängigkeit vom Erdöl stehen prinzipiell vielfältige andere Primärenergieträger bzw. Quellen des genutzten Kohlenstoffs zur Auswahl, aus denen wiederum die bekannten Endenergieträger Kerosin, Benzin und Diesel synthetisiert werden können. Mögliche Optionen sind Kohle, Erdgas, Biomasse, regenerative oder Kernenergie in Verbindung mit wasser- und kohlenstoffhaltigen Materialien.[105] Synthetische Kraftstoffe können zudem qualitativ so verbessert werden, dass weitere Optimierungsspielräume bei der Motorenentwicklung entstehen.

(767) Auch die CO_2-Problematik kann – zumindest grundsätzlich – gelöst werden, wenn auf erneuerbaren Kohlenstoff umgestellt wird. Die so erzeugten Kraftstoffe unterscheiden sich grundsätzlich nicht von denen, die aus Erdöl hergestellt werden.[106] Ein solches Vorgehen gestattet es daher, ohne Systembruch mit frei wählbarer Geschwindigkeit von einer rein auf Erdöl basierenden Kraftstoffversorgung auf eine davon völlig unabhängige überzugehen.

4.3.4.6.2 Alternative Kraftstoffe

(768) Neben den konventionellen Kraftstoffen kommt eine große Zahl alternativer Kraftstoffe in Frage. Zur Aus-

[100] Lovins (1996).

[101] VW (2002).

[102] Dauensteiner (2002).

[103] Vergleiche Volkswagen, www.volkswagen-umwelt.de/live.

[104] Für nahezu schwefelfreie Kraftstoffe ist eine europaweit flächendeckende Verfügbarkeit ab 2005 vorgeschrieben; in Deutschland wird eine frühere Einführung steuerlich gefördert.

[105] Schindler (1997).

[106] Auf die Probleme der Wasserstoffnutzung bei Flugzeugen muss jedoch erneut hingewiesen werden.

wahl stehen z. B. Methanol, Erdgas, LPG (Liquified Petroleum Gas), Pflanzenölester, Ethanol und Wasserstoff.

(769) Die Eignung als Kraftstoff für Ottomotoren ist für Methanol in verschiedenen Untersuchungen nachgewiesen worden (u. a. Großversuch in Berlin, gefördert durch das Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT)).

(770) Methanol kann relativ einfach aus Synthesegas erzeugt werden, das seinerseits aus einer Vielzahl von Rohstoffen gewonnen wird. Unter anderem sind großtechnische Prozesse für Kohle, Rohöl, Erdgas und verschiedene Formen von Biomasse realisiert worden. Die Umweltbelastung hängt vom gewählten Weg ab; nur Biomasse erlaubt eine nahezu THG-freie Herstellung.[107] Die Kosten für Methanol liegen in der Regel deutlich über denen für Benzin; Ausnahmen sind dort möglich, wo sonst unverkäufliches Erdgas als Rohstoff dienen kann.

(771) Der Aufbau einer Methanol-Infrastruktur erscheint relativ einfach möglich. Allerdings ist es giftig. Zudem bestehen Grundwasserrisiken.

(772) Erdgas (und LPG) ist ebenfalls ein ausgezeichneter Ottokraftstoff, der ein erhebliches Potenzial für Verbrauchsoptimierungen bietet (Oktanzahl ROZ 130). Es findet heute schon als Treibstoff Verwendung. Dazu werden Benzinmotoren umgerüstet. Auf Erdgas optimierte Motoren sind aufwändiger, erlauben aber langfristig eine Minderung der CO_2-Emissionen aus dem Auspuff um bis zu 40 %. Gleichzeitig ist die Einhaltung extrem geringer Abgaswerte möglich.

(773) Allerdings stellt sich das Problem der Speicherung im Fahrzeug und der noch mangelnden Tankinfrastruktur. Als Stoff mit edelgasähnlichen physikalisch-chemischen Eigenschaften benötigt Erdgas – ähnlich wie Wasserstoff – Tieftemperatur (– 161° C) oder Hochdrucktanks. Das an der Tankstelle verkaufte Erdgas wird heute direkt aus dem Verteilnetz entnommen und komprimiert. Die Investitionskosten sind mehrfach höher als bei Tankeinrichtungen für Flüssigkraftstoffe, das Energieaufkommen für die Kompression vor der Druckbetankung ist ebenfalls erheblich und muss bei vergleichenden Bilanzen berücksichtigt werden.

(774) Zusammen mit der Automobilindustrie und verschiedenen großen Mineralölunternehmen (z. B. BP) hat die Gaswirtschaft Ende des Jahres 2001 eine „Erdgas Mobil“ Offensive gestartet, über die in wenigen Jahren mehr als 1 000 Tankstellen in Deutschland mit Erdgaszapfsäulen ausgestattet werden sollen. Eine ausreichende Tankstellendichte wird damit noch nicht erreicht werden; die Verwendung wird sich auf spezielle Fälle konzentrieren. Die Markteinführung von Erdgas wird durch die bis zum Jahr 2009 befristete Vergünstigung bei der Mineralölsteuer (bis auf 20 % des vergleichbaren Satzes für Benzin) unterstützt.

4.3.4.6.3 Biogene Kraftstoffe

(775) Ethanol (Trinkalkohol in wasserfreier Form) ist ebenfalls ein ausgezeichneter Ottokraftstoff. Es wird in den USA und in Brasilien in großem Umfang dem Benzin beigemischt bzw. in nahezu reiner Form (E 95) verwendet. Ethanol wird aus Getreide, Zuckerrüben oder Zuckerrohr gewonnen. Die Produktion ist energieintensiv und in Europa teurer als die Methanolherstellung.

(776) Pflanzenöle – in Europa überwiegend Rapsöl – können nur ganz bedingt, die Methylester von Pflanzenölen – RME (Rapsöl-Methylester) – mit geringen Einschränkungen als Dieselkraftstoffe verwendet werden, wenn sie der Norm gerecht werden. Besondere Vorteile bietet die Verwendung von RME und ggfs auch reiner Pflanzenöle in Arbeitsmaschinen, die in der „freien Natur“ eingesetzt werden (Ackerschlepper, Baumaschinen, aber auch Binnenschiffe); allerdings wird gerade diese Anwendung durch die gegenwärtige Besteuerung entmutigt.

(777) Für Biodiesel sprechen zumindest grundsätzlich die Unabhängigkeit vom Mineralölimport und die günstige CO_2-Bilanz. Allerdings kann in Deutschland nur ein Anteil in Höhe von rd. 6 % des deutschen Dieselkraftstoffverbrauches gewonnen werden. Beim herkömmlichen Anbau entstehen durch die Düngung erhebliche Mengen an klimarelevantem Lachgas. In einer Gesamtklimabilanz hat damit RME allenfalls geringfügige Vorteile im Vergleich zu Diesel.

(778) Die EU-Kommission[108] hat mit einem Richtlinienentwurf vom November 2001 die Absicht bekundet, Mindestanteile von Bio-Kraftstoffen an den Benzin- und Dieselmengen zu fordern. Es werden Quoten von 2 % im Jahre 2005 und 5,75 % im Jahre 2010 vorgeschlagen; Ziel ist ein Anteil von 20 % im Jahr 2020. Ein Richtlinienentwurf zur Besteuerung von Bio-Kraftstoffen hebt grundsätzlich auf einen Steuersatz von 50 % des Mineralölsatzes ab. Für diejenigen Länder, in denen heute Steuerpräferenzen bestehen, soll es aber vielfache Anpassungsmöglichkeiten bis zur Beantragung weiterer völliger Freistellung geben. Den Mitgliedsländern soll grundsätzlich freigestellt werden, ob die Quoten durch Beimischung oder reine Biokraftstoff-Flotten erreicht werden.

4.3.4.6.4 Wasserstoff als Kraftstoff in Verbrennungsmotoren und Brennstoffzellen

(779) Die Verwendung von Wasserstoff als Kraftstoff wird vielfach diskutiert. Wasserstoff ist ein sehr guter, extrem sauber verbrennender Ottokraftstoff und der derzeit einzige praktikable Energieträger für mobile Brennstoffzellen (BZ).[109] Der Wasserstoff muss entweder im Fahrzeug mitgeführt werden (Speicherung mit akzeptablen Energiedichten nur tiefkalt bei – 253° C, 20 K° über dem

---

[107] Auch die Gewinnung von CO_2 aus der Luft zur Gewinnung von Methanol wäre möglich; dabei handelt es sich jedoch um eine Laborkuriosität, die nur einen grundsätzlichen Gedanken deutlich macht: Wir sind nicht prinzipiell auf fossilen Kohlenstoff für die Gewinnung von Kraftstoffen angewiesen!

[108] Europäische Union (2001a) (KOM(2001)54).

[109] An der Direkt-Methanol-BZ wird gearbeitet; eine Umsetzung in Muster, die für den Betrieb eines Autos geeignet wäre, ist offenbar noch nicht gelungen. (Schindler 1997, 2001).

absoluten Nullpunkt oder bei sehr hohen Drücken – 300 bar oder mehr; 700 bar werden angestrebt) oder an Bord aus wasserstoffhaltigen Stoffen erzeugt werden. Beide Gruppen von Techniken sind komplex und bisher nicht serientauglich entwickelt.

(780) Für die Bewertung der erdgebundenen mobilen Nutzung von Wasserstoff aus Sicht der THG-Emissionen ist die Bereitstellung entscheidend. Grundsätzlich sind folgende Wege praktikabel:[110]

– Elektrolyse von Wasser und

– Vergasung von Kohlenwasserstoffen.

(781) In beiden Fällen hängt die Bilanz der THG davon ab, aus welcher Primärenergie der Strom hergestellt wird bzw. welche Kohlenwasserstoffe vergast werden. Die heute kostengünstigsten Verfahren beruhen auf der Vergasung von Öl bzw. Erdgas; diese setzen also CO_2 frei. Elektrolyseverfahren benötigen viel Strom.

(782) Für den flächendeckenden Einsatz von Wasserstoff im Verkehrssektor wäre der Aufbau einer vollständig neuen Betankungs- und Versorgungsinfrastruktur notwendig. Bei Verwendung automatischer Betankungsanlagen stellen sich keine unlösbaren technischen Probleme, es entstehen jedoch erhebliche Kostenbelastungen.

(783) Die Brennstoffzelle (BZ) als neue Antriebsmöglichkeit für Fahrzeuge wird seit einigen Jahren diskutiert. Bislang sind jedoch lediglich Demonstrationsfahrzeuge in Betrieb; erste Kleinst-Serienproduktionen sind von verschiedenen Herstellern angekündigt. BZ bieten grundsätzlich das Potenzial, auf lange Sicht niedrigere Verbräuche zu realisieren als es heute mit konventionellen Motoren möglich ist (vgl. Kasten 4-9 Exkurs „Freedom CAR Project“).

(784) Das Umweltbundesamt hat jedoch ermittelt, dass BZ-Fahrzeuge unter Berücksichtigung der Vorleistungskette unter vielen Annahmen gegenüber optimierten herkömmlichen Fahrzeugen keine Vorteile hinsichtlich des Primärenergieverbrauchs aufweisen. Vorteile wären hingegen – je nach genutzten Primär- und Endenergieträgern – bei den CO_2-Emissionen zu erreichen.[111]

4.3.4.6.5 Die Verkehrswirtschaftliche Energiestrategie (VES)

(785) Aufgrund der Komplexität des Themas und der weitreichenden Bedeutung entsprechender Entscheidungen haben Automobilindustrie und Energieunternehmen gemeinsam mit der Bundesregierung 1999 mit der VES eine Gruppe gebildet, die sich der Identifizierung und Bewertung von Treibstoffoptionen systematisch annimmt. Von den zunächst 70 betrachteten Energieträgern hat die VES letztlich neben den klassischen Treibstoffen Benzin und Diesel vor allem drei Optionen ausgewählt. Neben Erdgas als Option für eine Übergangsphase sind dies Wasserstoff und Methanol. In ihnen wird das Potenzial gesehen, einen wesentlichen Anteil des Treibstoffbedarfs der Zukunft zu decken. Langfristig habe Wasserstoff die besten Chancen sofern es gelinge, ihn auf der Basis erneuerbarer Energien bereitzustellen und eine entsprechende Infrastruktur aufzubauen. Methanol werden Vorteile bei den Nutzfahrzeugen zugeschrieben.

(786) Bei Betrachtung des Gesamtsystems erscheint es auf längere Sicht jedoch sinnvoller, den regenerativ erzeugten Strom direkt einzusetzen, da hiermit keine neuen anwendungstechnischen Probleme verbunden sind und zudem eine größere CO_2-Minderungswirkung erzielt werden kann. Dieser Strom würde flüssige Kohlenwasserstoffe in stationären Anwendungen substituieren und sie damit für den mobilen Sektor verfügbar machen.

(787) Im Ergebnis erscheinen die hier diskutierten Varianten von Energiespartechniken und alternativen Antriebs-/Treibstoffkonzepten bei Pkw angesichts der im Trend bereits zu erwartenden Rückgänge des Energiebedarfs nur mittel- bis langfristig (bis 2050) energie- und klimapolitisch bedeutsam. Von wesentlich größerer Bedeutung ist kurz- und mittelfristig das Wachstum im Güterverkehr und im Luftverkehr.

4.3.4.7 Nachfrageorientierte Effizienzpotenziale im Verkehr

(788) Die Technikentwicklung im Verkehrsbereich bis 2020 ist recht gut zu übersehen: Die unter gegebenen politischen Rahmenbedingungen erzielbaren Effizienzgewinne fallen hinter das 40 %-CO_2-Reduktionsziel weit zurück. Mit den absehbaren Technikpotenzialen allein kann weder in der Zeitskala bis 2020 noch bis 2050 plausibel gemacht werden, dass die Zielsetzungen bezüglich der Verringerung des CO_2-Ausstoßes um 40 % bzw. 80 % im Verkehrssektor erreicht werden können. Hierzu wird es unumgänglich, die Nachfrageentwicklung (Verkehrsvermeidung auch durch neue Siedlungsstrukturen) und die Verkehrsmittelwahl (Änderung des Modal Split) zu thematisieren bzw. zum Gegenstand von Minderungsüberlegungen zu machen. Aufgrund der Trägheit des Mobilitätsystems selbst und der darauf einwirkenden verkehrserzeugenden Strukturen ergeben sich erhebliche Vorlaufzeiten, bis technische Potenziale in tatsächliche Minderungen umgesetzt sind. Dagegen wäre es nicht ausgeschlossen, im Pkw-Subsektor Rückgänge in der Nachfrage insbesondere im Freizeitverkehr zu erzielen, die das Ziel zusammen mit der Technikentwicklung erreichbar werden lassen.

(789) Im Luftverkehr ergeben sich die Probleme weniger aus dem beachtlichen hier bereits erreichten Umfang der abgedeckten Transportleistungen, sondern deutlich mehr aus den für die Zukunft zu erwartenden Zuwächsen. Die entsprechende nachfrageseitige Strategie bestünde demnach weniger in einer Senkung der Nachfrage als in einer Dämpfung von deren Zuwachs. Auch hier gäbe es im Segment Freizeit/Urlaub theoretische Potenziale. Im Straßengüterverkehr sind die Transportaufwände an die Produk-

[110] Grundsätzlich gibt es eine große Zahl weiterer Prozesse, die aber aus praktischen oder politischen Gründen in Deutschland nicht in Betracht kommen. So beruhen thermochemische Verfahren auf der Nutzung von nuklearer Hochtemperaturwärme. Biologische Verfahren haben viel zu kleine Ausbeuten; es ist unklar, ob sie sich z. B. durch Genmanipulation geeigneter Organismen ausreichend steigern lassen (für Details siehe Schindler, 1997).

[111] Kolke (1999).

Kasten 4-9

FreedomCAR Projekt

Die Bush-Administration hat die Fördermittel für die Entwicklung energieeffizienter Autos gestrichen und damit das während der Clinton-Regierung initiierte Programm „Partnership for a New Generation of Vehicles (PNGV)“ beendet.[112] Dieses Programm sah vor, in Zusammenarbeit mit USCAR [United States Council for Automotive Research, (Ford, GM, DaimlerChrysler)] bis zum Jahre 2004 ein 3-l-Familien-Auto zu bauen.

Energieminister Abraham erklärte am 9. Januar 2002 anlässlich der Detroiter Auto Show: „In keeping with the President’s National Energy Plan, I am pleased to announce an new public-private partnership between the department and the nation’s automobile manufacturers to promote the development of hydrogen as a primary fuel of cars and trucks, as part of our effort to reduce American dependence on foreign oil. Under this new programme, which we call Freedom CAR (Cooperative Automotive Research), the government and the private sector will fund research into advanced, efficient fuel cell technology which uses hydrogen to power automobiles without creating any pollution. The long-term results of this cooperative effort will be cars and trucks that are more efficient, cheaper to operate, pollution-free and competitive in the showroom.”[113]

Die Bush-Administration hat das PNGV-Programm eingestellt,[114] obwohl es den drei größten Autoherstellern (Daimler-Chrysler, Ford, GM) in technischer Hinsicht gelungen ist, ein familienfreundliches 3-Liter-Auto herzustellen.[115] Allerdings bestand unter den derzeitigen Rahmenbedingungen (z. B. bei der auf geringe Benzinpreise gerichteten Politik der US-Regierung) keine Chance, diese Fahrzeuge auf einem Markt, der maßgeblich von den SUV-Cars (Sport Utility Vehicles) dominiert wird, wirtschaftlich zu positionieren. Die Attraktivität der SUVs trotz ihres hohen Benzinverbrauchs hat dazu geführt, dass sich verbrauchsarme Fahrzeuge auf dem amerikanischen Automobilmarkt nicht durchsetzen konnten. Deshalb favorisiert die Administration die Brennstoffzelle und den Wasserstoff als neuen Brennstoff im Verkehrsbereich. Dies würde nach Meinung der Regierung die Öl-Abhängigkeit der USA reduzieren und Energieversorgungssicherheit erhöhen und darüber hinaus auch die CO_2-Emissionen der USA deutlich senken. Ein Vorteil für die Autoindustrie könnte beim FreedomCAR Projekt darin liegen, dass sie ihre Forschungsanstrengungen auf eine einzige Zukunftstechnologie konzentrieren kann.

Das Department of Energy hat für das Haushaltsjahr 2003 150 Mio. US-$ zur Unterstützung des FreedomCAR Projektes beantragt. Das Büro für Energy Efficiency and Renewable Energy (EERE) hat ebenfalls Forschungsmittel in Höhe von 50 Mio. US-$ für die Entwicklung der Brennstoffzelle gefordert. Die US-Regierung will 2003 somit ca. 44 Mio. US-$ mehr für die Forschung auf dem Gebiet der Brennstoffzelle ausgeben als 2002. Die Verkündung des FreedomCAR-Projektes durch das Department of Energy hat dazu geführt, dass einzelne Autohersteller (z. B: GM, Nissan, Toyata, Volkswagen, Hyundai/Kia) neue Brennstoffzellenkonzepte vorstellten bzw. erklärten, dass sie in diesen Bereich verstärkt investieren wollen.

Namhafte Hersteller gehen davon aus (vgl. DaimlerChrysler),[116] dass Brennstoffzellenfahrzeuge (Busse in kleinen Stückzahlen) bis 2002 Marktreife erreichen können. Die Schnelligkeit der Marktdurchdringung wird davon abhängig sein, inwieweit weitere staatliche Forschungsmittel für den mobilen Einsatz der Brennstoffzellen zur Verfügung gestellt werden. Des Weiteren muss noch geklärt werden, wie die notwendige Wasserstoff-Infrastruktur finanziert wird. Der serienmäßige mobile Einsatz der Brennstoffzelle setzt vor allem eine erhebliche Kostensenkung voraus. Dies würde für die Wasserstoffökonomie auch im dezentralen stationären Bereich die Marktchancen erheblich verbessern.

tions- und Distributionsnetze und Konsumentenpräferenzen geknüpft. Auch dort wäre es theoretisch denkbar, Nachfragerückgänge zu bewirken.

[112] NY Times, 9. Januar 2002.

[113] Presseerklärung http://www.energy.gov/HQPress/releases02/janpr/pr02001_v.htm.

[114] NY Times, 9. Januar 2002 und http://www.energy.gov.

[115] McClure in Feature „Are We On the Road to Energy Independence?“ vom 14. März 2002 unter http://www.todaysengineer.org/policyperspectives/feb02pp/feb02features/HEV.html.

[116] DaimlerChrysler-Meldung vom 06. April 2000, http://www.DaimlerChrysler.de .

(790) Im Kapitel 6 wird auf einige herausgehobene Instrumente[117] der Verkehrspolitik zur Nachfragesteuerung genauer eingegangen.

(791) An dieser Stelle soll nur abschließend betont werden: Um die Aspekte Energieeffizienz und Klimaverträglichkeit bei verkehrlichen Entscheidungen der privaten Haushalte und der Verantwortlichen in Betrieben zu verankern, bedarf es einer die Bedeutung der Kriterien betonenden Kommunikation. Wesentlich für die Glaubwürdigkeit

[117] Eine detaillierte Beschäftigung mit Maßnahmen und Instrumenten erfolgt in Kapitel 6.

ist die Übereinstimmung von formulierten Politikbotschaften auf der einen Seite und dem Verhalten der Entscheidungsträger bzw. Repräsentanten auf der anderen Seite.

(792) Die Vermittlungsprobleme können nicht nur in der Diskrepanz von politischer Botschaft und divergierendem individuellem Handeln von Entscheidungsträgern, sondern auch in der unklaren Positionierung der Energie- und Umweltaspekte relativ zu anderen Politikzielen liegen. So werden z. B. die Politikziele „Arbeitsplätze schaffen", „Erleichterung der Urlaubsflüge" und „Wettbewerbsfähigkeit erhöhen" sehr hoch bewertet, ohne dass jeweils die energiepolitischen und ökologischen Ziele sichtbar integriert werden.

(793) Die formulierten Klimaziele von 50 % Reduktion bis zum Jahre 2020 und 80 % bis zum Jahre 2050 sind für den Verkehrsbereich so ersichtlich mit der verkehrspolitischen Realität inkompatibel, dass für eine ernsthafte Diskussion – z. B. der Rolle der Bahnen oder auch der Modellpolitik der Autohersteller – die Bezugspunkte fehlen. Nur mit realistischen Messlatten und Meilensteinen ist es aber möglich, einen öffentlichen Diskurs um den Beitrag der verschiedenen nichtstaatlichen Akteure zu führen. Indem diese Bezugsgrößen der Öffentlichkeit vorenthalten werden, zerstreut sich die Aufmerksamkeit auch des interessierten Teils der Öffentlichkeit und macht sich punktuell an Teilaspekten fest. Diese werden dann ohne Bezug zu den quantitativen Klimazielen erörtert. Das Angebot an einzelnen Drei-Liter-Modellen wird diskutiert, ohne dass deren Rolle in einem Klimaschutzszenario zu fassen wäre. Die Phantasie macht sich an alternativen Energieträgern und Antrieben fest, ohne dass eine quantitative Relevanz erkennbar wäre und ohne dass Orientierung für eigene Entscheidungen gegeben würde. Die Integration effizienter Verkehrsstrategien in energiebezogene Langfristszenarien ist deshalb überfällig.

Sondervotum zu Kapitel 4.3.4

Minderheitsvotum des Kommissionsmitglieds der Fraktion der PDS einschließlich des von ihr benannten Sachverständigen Prof. Dr. Jürgen Rochlitz

„Was immer Dauer erfordert, dauert zu lange. Was immer Zeit beansprucht, beansprucht zuviel Zeit. Das Faktum, dass Handlungen Zeit kosten, gilt heute als Vergeudung. Gleich, wie kurz sie währen – niemals sind sie kurz genug. Die bloße Tatsache, dass sie währen, macht sie zu Verzögerungen. Zeit = Langsamkeit. Welch eine unsinnige Gleichung".[118]

„Noch nie war die uns im Durchschnitt verfügbare Lebenszeit so reichlich bemessen wie heute; noch nie waren die zeitlichen Zwänge zur Überlebenssicherung so gering wie heute; noch nie war die mittlere verfügbare Geschwindigkeit so hoch wie heute. Und bei all dem leben wir heutzutage gehetzt wie nie zuvor. Der törichte Versuch, die Zeit abzuschaffen, kostet eben am meisten Zeit. Und das blinde Bemühen, die Zeit zu beherrschen, macht uns unversehens erst recht zu Sklaven der Zeit."[119]

Vorbemerkungen

Diese Zitate belegen, worum es im Sektor Verkehr eigentlich geht: kollektive wie auch institutionelle Rahmenbedingungen und damit auch individuelle Verhaltensweisen müssen grundsätzlich geändert werden. Die gegenwärtigen maßlosen Mobilitätszwänge und -bedürfnisse sind für die Gesellschaft weder nachhaltig noch überhaupt gesund für den Einzelnen.

Der Verkehrssektor gehört zudem mit seinen gegenüber anderen Sektoren erheblichen Steigerungen der Treibhausemissionen zu den Bereichen, in denen einschneidende Maßnahmen nötig sind, damit eine Korrektur dieses Trends in Richtung Nachhaltigkeit vorgenommen werden kann. Das Deutsche Institut für Wirtschaftsforschung (DIW) formulierte hierzu: „Angesichts der Zielsetzungen, die z. B. die Enquete-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung..." für eine nachhaltige Entwicklung für notwendig hält, nämlich eine Reduktion der gesamten CO_2-Emissionen von 1990 bis 2020 um 40 % und bis 2050 um 80 %, sind kräftige Maßnahmen zur Begrenzung und Verlagerung des Straßen- und Luftverkehrs sowie zur Stimulierung von deutlichen Verbesserungen beim spezifischen Energieverbrauch erforderlich."[120]

Aus Gründen mangelnder Zeit und größerer Komplexität der übrigen Verkehrsbereiche hat die Kommission sich lediglich die technischen Aspekte des Kfz-Verkehrs (Treibstoffe, Materialien, Fahrzeuge, etc.) als Thema gewählt.

Außer um die hauptsächlich von der Mehrheit der Kommission beschriebene und angestrebte Grundstrategie der Effizienz-Verbesserung bei den Fahrzeugen des Individualverkehrs muss es aber vor allem um die Aktivierung der drei weiteren – in ihrem Zusammenspiel noch wirksameren – Strategie-Optionen gehen: Vermeidung von Verkehr, Verkürzung der Verkehrswege und Verlagerung auf weniger umweltbelastende Verkehrsarten.

Umso mehr muss verwundern, dass der öffentliche Verkehr für die Mehrheit der Kommission als Reduktionspotenzial von Treibhausgasen die geringere, ja fast keine Rolle spielt. Im Kap. 4.3.9 (verhaltensbedingte Potenziale) wurde lediglich ab Tz. 32 und in einem gesonderten Kasten (Tz. 35) das Thema Verkehrsvermeidung und -verlagerung als Teil einer Suffizienzstrategie beschrieben. Da jedoch von der gesellschaftlichen Akzeptanz abhängig, sei seine mögliche Realisierung „eine offene Forschungsfrage". Für die Endfassung wurde dann sogar auch dieser Passus gestrichen. Dagegen wurde sehr ausführlich dar-

[118] Günter Anders: Die Antiquiertheit von Raum und Zeit, 1959.

[119] K.O.Schallaböck: „Was ist das rechte Maß für Raum und Zeit? Mobilität zwischen Globalisierung und Regionalisierung." Toblacher Gespräche 1996.

[120] DIW: „Instrumente und Maßnahmen zur Realisierung einer Nachhaltigen Energieversorgung – Entwicklungspfade im Bereich der Mobilität", Berlin 2001.

gelegt, mit welchen vielfältigen technischen Schritten die Effzienz des motorisierten Individualverkehrs (MIV) gesteigert werden kann. Diese Steigerung ist in der Tat möglich, jedoch ein mühsamer Prozess in vielen kleinen und kleinsten Schritten, wenn prozentuale Steigerungen von Gewicht erreicht werden wollen. Dabei wird noch verkannt, dass so manche Effizienzsteigerung zwar eine Reduktion von Treibhausgasen bewirkt, jedoch andere Nachhaltigkeitskriterien verletzt.

Dazu gehören z. B. komplexe faserverstärkte Kunststoffaggregate, deren Wiederverwendbarkeit, Recycelbarkeit oder Entsorgung als Abfall Probleme bringt; oder Leichtmetall-Anwendungen mit Aluminium oder Magnesium, deren Gewinnung nicht nur erhebliche Energie benötigt, sondern weitere schwere ökologische Probleme nach sich zieht.

Wir halten den von der Mehrheit beschrittenen Weg für falsch, sich bei der Analyse der Zusammenhänge mit der Energiepolitik ausschließlich auf die technische Seite des motorisierten Individualverkehrs zu beschränken. Stattdessen plädieren wir hier dafür, mit allen nur möglichen Instrumenten eine Verkehrsverlagerung von der Straße auf die Schiene, vom MIV zum nichtmotorisierten und öffentlichen Verkehr vorzunehmen. Wir sehen in beiden Möglichkeiten die effizienteren Wege, zu größeren Reduktionen an Treibhausgasen zu gelangen.

Auch eine nachhaltige Infrastrukturpolitik, die das Wohnen in der Stadt und innerorts attraktiver macht, die Innenstädte und Ortszentren wieder zu Orten des Einkaufens und der Kommunikation macht, wird langfristig höhere Reduktionspotenziale aktivieren. Schließlich kann eine nachhaltige Wirtschafts- und Agrarpolitik durch Förderung regionaler Wirtschaftskreisläufe, regional orientierter, ökologischer Landwirtschaftsbetriebe und regional aktiver Betriebe des sanften Tourismus zu weiteren Reduktionen durch Verkehrsvermeidung führen. „Jobs in der Nähe statt Pendeln über große Entfernungen; Erholungs- und Einkaufsmöglichkeiten um die Ecke statt weite Fahrten aus dem Wohnbereich; Gemüse und Obst aus der Umgebung statt Lkw-Kolonnen auf den Autobahnen.“ forderte W.Wolf folgerichtig in einer verkehrspolitischen Debatte des Bundestags.[121]

Öffentlicher Verkehr

Sowohl die bundesdeutsche als auch die europäische Verkehrspolitik nehmen all diese Möglichkeiten nicht wahr. Stattdessen werden Entwicklungen fortgesetzt, die in die entgegengesetzte Richtung gehen. Die CO_2-Emissionen aus dem gesamten Verkehrsbereich haben in der EU seit 1985 bis 2000 um ca. 50 % zugenommen und übertreffen damit alle anderen Bereiche; bei Industrie und Haushalten haben sie sogar bis zu ca. 20 Prozent abgenommen.[122] Diese Steigerungsrate ist so groß, dass an ein kurz- oder mittelfristiges Ausbremsen unter die Status-Quo-Bedingungen nicht zu denken ist.

Typisch für diese Entwicklung ist auch, dass in Deutschland seit 1970 pro Zehnjahresschritt immer mehr Schienenstrecken abgebaut wurden – und immer noch werden: zwischen 1970 und 1980 ca. 1 000 km, zwischen 1980 und 1990 ca. 2 000 km und zwischen 1990 und 2000 ca. 3 000 km. Die Zahl der Lokomotiven wurde im letzten Jahrzehnt halbiert. Auf der anderen Seite nahm die Motorisierungsdichte in Deutschland zu: zwischen 1970 und 1980 gab es einen Zuwachs von mehr als ca. 10 Mio. Pkws, zwischen 1980 und 1990 erneut einen von ca. 10 Mio., dann zwischen 1990 und 2000 einen Anstieg von ca. 6 Mio auf ca. 45 Mio. insgesamt.

Das Ergebnis dieser Auto-Politik in der EU insgesamt ist erschreckend: Während der Personentransport per Pkw auf schwindelnde Höhen ansteigt – von 1 600 Mrd. Pkm (1970) auf ca. 4 000 Mrd. Pkm (2000) –, bleibt der öffentliche Verkehr weit zurück: ca. 500 Mrd. Pkm (1970) bis ca. 800 Mrd. Pkm (2000). Mit einem Modal-Split von knapp 17 % beim öffentlichen Verkehr zählt Deutschland zu den Schlusslichtern in Europa – nur Luxemburg, Schweden und das Vereinigte Königreich haben einen geringeren Modal-Split-Anteil. Mit einer Verkehrsleistung von etwa 750 Mrd. Pkm Pkw-Fahrten pro Jahr liegt Deutschland auch an der Jahrtausendwende auf einem einsamen Spitzenplatz in Europa. Im öffentlichen Verkehr nehmen dagegen Frankreich beim Schienenverkehr und Italien bei den Bussen die Spitzenposition ein.

Bis 1997 besetzte Deutschland auch den Spitzenplatz bei der Zahl der Verkehrstoten – mit deutlichem Vorsprung vor Frankreich; erst 1998 gab es weniger Tote auf den Straßen als in Frankreich – mit knapp 8 000 immer noch 8 000 zu viel. Wieso sich über soviel Tote nicht Aufregung breit macht, kann nicht allein an der Gewöhnung liegen. Mindestens genau so skandalös sind die beinahe 400 000 Verletzten – doppelt so viele wie in Italien, dreimal so viele wie in Frankreich!

Die einseitige Verkehrspolitik zu Gunsten des Autos ist in Deutschland besonders konsequent betrieben worden: Obwohl die alte Bundesrepublik nicht der größte Flächenstaat ist, hat sie alle anderen schon immer mit ihrer Länge an Bundesfernstraßen weit übertroffen. Mit ihren jetzt mehr als ca. 53 000 km Fernstraßen besitzt sie beinahe doppelt so viele wie Frankreich bzw. beinahe dreimal so viele wie das Vereinigte Königreich. Die Zerschneidung des gesamten Landes durch Verkehrswege ist damit maximiert worden.

Eine besonders wichtige Betrachtung ist der Vergleich der spezifischen Emissionen für die verschiedenen Verkehrsträger. Mit Hilfe der Leistungs- und Emissionszahlen der TAB/DIW-Studie[123] lässt sich folgendes ermitteln:

Die spezifischen Emissionen an CO_2 belaufen sich auf 213 g/Pkm für den MIV, auf lediglich 51 g/Pkm im Schienen-Personenverkehr, dagegen auf 440 g/Pkm (nach Territorialprinzip berechnet) im Flugverkehr. Dies heißt, bei

[121] W. Wolf „Verkehrspolitik der Zukunft“ Das Parlament Nr. 1-2, Januar 2002.

[122] EU Transport in Figures, Statistical Pocketbook, EU Commission.

[123] DIW: „Instrumente und Maßnahmen zur Realisierung einer Nachhaltigen Energieversorgung – Entwicklungspfade im Bereich der Mobilität“, Berlin 2001.

jeder Effizienzentwicklung im MIV hat der öffentliche Schienenverkehr schon die Nase vorn und zwar mit dem Faktor 4! Die Zahlen belegen dazu, wie dringend notwendig Maßnahmen zur Begrenzung des Luftverkehrs sind. Zumindest müsste alles getan werden, damit innerdeutsche Flüge abgelöst werden durch Bahnverbindungen – um beinahe den Faktor 9 könnten dadurch die Treibhausgasemissionen vermindert werden.

Die Europäische Umweltagentur hat in ihrem zweiten Bericht über Verkehr und Transport die europäische Verkehrspolitik scharf kritisiert:[124] „Durch beträchtliche Emissionen von toxischen Schadstoffen und Treibhausgasen, die Erzeugung von Abfällen und Lärm sowie die Zerstückelung der Landschaft trägt der Verkehr zur Schädigung der Umwelt und der Gesundheit der Menschen bei... Durch die unerbittliche Zunahme des Straßen- und Luftverkehrs, den steigenden Energieverbrauch und die Emission von Treibhausgasen wird die Fähigkeit der EU in Frage gestellt, ihre im Kioto-Protokoll enthaltenen Zielsetzungen zur Bekämpfung der Klimaveränderungen zu erfüllen.“ Dem Bericht zufolge werden technologische Verbesserungen zur Verringerung des spezifischen Kraftstoffverbrauchs und des Schadstoffausstoßes bei Pkw und Lkw durch generelle Leistungssteigerungen in der Kfz-Flotte, durch geringere Pkw-Insassenzahlen und Lkw-Auslastungsfaktoren wieder zunichte gemacht. Die Infrastrukturentscheidungen würden nach wie vor als Reaktion auf Probleme durch Verkehrsengpässe getroffen, womit der Ausbau von Straßen und Flughäfen begünstigt werde. So habe sich der Anteil der einzelnen Beförderungsarten an den Infrastrukturinvestitionen der Länder seit 1980 (!!) kaum verändert.

Die kurze statistische Betrachtung und die Hinweise auf den Bericht der Europäischen Umweltagentur zeigen, dass für eine nachhaltige Verkehrspolitik dringender Handlungsbedarf besteht. Grundsätzliche Entscheidungen müssen am Anfang stehen: Die Notwendigkeit einer nachhaltigen Verkehrspolitik muss eine hohe Priorität auf der politischen Agenda erhalten. Der weitere Neubau von Bundesfernstraßen muss durch ein Moratorium unterbunden werden – allein zur Schonung unzerschnittener Räume, zur Minderung der Durchlärmung der Landschaft, zur Minderung weiterer Versiegelung und zur Stärkung des Schienenverkehrs. Schließlich muss dem Ausbau und der Erhöhung der Attraktivität des öffentlichen Verkehrs höchste Priorität eingeräumt werden. Im einzelnen sind dazu folgende Maßnahmen erforderlich:

(1) Im ÖV wird dem Schienenverkehr in der Fläche Vorrang eingeräumt; sowohl der begonnene Ausbau der Schnellbahnstrecken, als auch andere begonnene Großprojekte werden einer präzisen Finanzkontrolle unterzogen. Darüber hinaus werden alle weiteren Planungen (z. B. Stuttgart 21, Frankfurt 21, neue Schnellbahnstrecken Frankfurt-Mannheim-Anschluss Stuttgart, Nürnberg-Leipzig, Metrorapidprojekte in Bayern und Nordrheinwestfalen) eingestellt bzw. an das Ziel einer Flächenbahn angepasst; die vorgesehenen Finanzmittel werden zu Gunsten der Flächenbahn eingesetzt. Ausnahmen hiervon sind lediglich solche Projekte, die der Beseitigung von Engpässen oder dem Kapazitätsausbau dienen.

(2) Sämtliche noch vorhandenen, aber stillgelegten Schienenstrecken werden reaktiviert. Der Abbau von Schieneninfrastruktur wird sofort eingestellt. Der Schienenverkehr in der Fläche wird durch eine Palette von Maßnahmen zur Attraktivierung des ÖV ausgebaut, wie z. B. durch einfachere und günstigere Tarifgestaltung wie Job-Tickets, preiswerte Wochenend- und Familientickets sowie andere Sonderangebote, Pünktlichkeit und Verbesserung der Anschlussmöglichkeiten durch optimale Vertaktung (Motto: Zeitgewinn durch intelligente Logistik).

    Die Engpässe vor Knoten und in den Knoten werden beseitigt – wo auch für den Güterverkehr nötig, findet ein Kapazitätsausbau mit 3. und 4. Gleisen, S-Bahngleisen etc. statt.

(3) Für diese Umorientierung in Richtung Flächenbahn muss die „selbstzerstörerische Politik“[125] des Bahnmanagements beendet werden.

    Das Bahnmanagement zeichnet verantwortlich dafür, dass populäre und erfolgreiche Angebote der Bahn gerade verschwinden oder von blasseren, weniger attraktiven Nachfolgeprodukten ersetzt werden: die Interregios, das Schöne-Wochenend-Ticket, die 50 %-Bahn-Card, die Speisewagen. Es muss Schluss sein mit dem Abbau von Infrastruktur, dem Verkauf von Flächen, mit dem Abbau von Personal. Die Notwendigkeit der nachhaltigen Entwicklung verbietet das Abhängigmachen der Entscheidungen von rein wirtschaftlichen Überlegungen, die nicht die gesamtgesellschaftlichen Notwendigkeiten einbeziehen. Die Politik der Bahn darf nicht allein durch betriebswirtschaftliche Erfordernisse und Börsenfähigkeit bestimmt werden. Sie steht in gesellschaftlicher Verantwortung und muss daher auch ihren Beitrag zur Lösung gesamtgesellschaftlicher Probleme wie dem Klimawandel leisten. Nicht Orientierung am Flugzeug (siehe ICE-Design, neue Tarifgestaltung mit Frühbuchungsrabatten, etc.), nicht Festlegung auf Höchstgeschwindigkeiten darf das Ziel des Bahnmanagements sein, sondern Orientierung an den Bedürfnissen der Bürger- und BenutzerInnen und damit die Optimierung der Zeiten im Gesamtsystem. Guten, freundlichen Service durch Personal am Schalter, auf dem Bahnsteig und im Zug, bequemes, stressfreies Zu- und Umsteigen auf kurzen Wegen, funktionsfähige Bahnhöfe und gute Anbindungen von Bussen oder Anruftaxen werden die Nutzer überall im Land schätzen. Für alte und behinderte Menschen müssen endlich überall die Zugangs- und Zusteigemöglichkeiten geschaffen oder verbessert werden.

Durch die Umsetzung dieser höchst prioritären Maßnahmen wird die Zahl der NutzerInnen der Bahn

---

[124] Transport and Environment Reporting Mechanism, TERM, 2002, EUA.

[125] W. Wolf in: K. O.Schallaböck: „Was ist das rechte Maß für Raum und Zeit? Mobilität zwischen Globalisierung und Regionalisierung.“ Toblacher Gespräche 1996.

nicht nur auf den großen Strecken, sondern in der gesamten Fläche sprunghaft steigen.

(4) In einer breit angelegten Öffentlichkeitskampagne wird die Notwendigkeit einer neuen Verkehrskultur der Nachhaltigkeit den Menschen nahegebracht; Ziel dieser Kampagne ist die Aufklärung über die Vorteile des öffentlichen und nichtmotorisierten Verkehrs. Es wird in diesem Kontext auch die Notwendigkeit eines Stopps des Fernstraßenneubaus vermittelt. Dieser ist vor allem notwendig, um die dramatische Versiegelung von Böden und die nicht minder dramatische Zerschneidung noch zusammenhängender Naturräume deutlich zu vermindern.

Diese kurzfristig notwendigen Maßnahmen werden eingebunden in die Abfolge von Zehnjahresprogrammen, die folgende Mindestziele für 2050 erreichen sollen:[126]

- Deutlicher Ausbau der Bahninfrastruktur für die Flächen- und Bürgerbahn sowie für den Güterverkehr; Ziel: „Schweizer“ Zustände bis 2020; alle Städte (Mittel- und Oberzentren) in Entfernungen bis rund 500 km müssen in einer Reisezeit von bis zu 4 Stunden zu erreichen sein;
- Steigerung der Streckenleistungsfähigkeit durch 100 % Abbau der Langsamfahrstellen (2005), durch Modernisierung und Weiterentwicklung der Zugleitsysteme (2010);
- Optimierung des vorhandenen Schienennetzes hinsichtlich Fahrbetrieb und -geschwindigkeit, Sanierung von Bahnhöfen, günstigere Umsteigebedingungen (2010);
- Reaktivierung stillgelegter Strecken statt weiterer Stillegungen (2010); Reaktivierung von alten, nutzungsfähigen Trassen (2020);
- Das Streckennetz sollte sich vom Vernetzungsgrad und von den Streckenkilometern pro Kopf an der derzeitigen Situation in der Schweiz orientieren (2020);
- Modal-Splitentwicklung: Schienenpersonenverkehr 50 % (2030), Schienengüterverkehr 30 % (2030);
- Erweiterung und Verbesserung von Angeboten des sanften Tourismus mit Bahnen (2005);
- Lokomotiven, Triebköpfe, Triebwagen und das übrige Wagenmaterial werden bis 2020 hinsichtlich Energieverbrauch, Lärm- und Abgasemissionen optimiert und auf den Stand der Technik gebracht;
- Im ÖPNV: Taktverdichtung (2005), Netzerweiterung, bedarfsorientierte und flexible Bedienung, Aufbau von Netzen mit Anruf-/Sammel-Taxen (2010), die sich an Bahnhöfen und Haltepunkten orientieren, Inner- und außerörtliche Vorrangschaltungen für Busse und Bahnen (2005) attraktives und übersichtliches Tarifsystem, Erleichterung des Fahrscheinerwerbs und der Informationsweitergabe, attraktive Gestaltung von Bushaltestellen, Bahn-Haltepunkten und -höfen (2005);
- Die bundesdeutsche Busflotte der Nahverkehrsunternehmen wird bis spätestens 2010 auf den anspruchsvollen EEV-Standard (Enhanced Environmental Vehicle) nachgerüstet bzw. ausgemustert;
- Mit diesen letzteren Maßnahmen muss – analog selbstverständlich auch im Schienenverkehr – der ökologische Vorsprung von Bussen und Bahnen gesichert werden;
- Unter den gegebenen Bedingungen besteht durch die Trennung von Netz und Betrieb der DB AG die Chance, das Netz vor einem weiteren Rückbau zu schützen und seine volle Funktionsfähigkeit wieder herzustellen. Dafür müssen allerdings zwei wesentliche Bedingungen erfüllt werden. Zum einen muss dafür die Einheit der Infrastruktur wiederhergestellt werden. Die Bahnhöfe müssen daher reintegriert werden. Zweite Bedingung ist die Überführung der aus der DB AG herausgelösten Infrastruktur in direktes Eigentum des Bundes bzw. in Eigentum von Bund und Ländern;
- Die Ergänzung des bundesdeutschen öffentlichen Verkehrs durch Transrapid- oder Metrorapidstrecken auf der Basis der heute verfügbaren Magnetschwebe-Technik lehnen wir ab.

Folgende ordnungs- bzw. finanzpolitische Maßnahmen sind zu ergreifen:

- Tempolimits für Pkw: 130 km/h auf den Autobahnen, 80 km/h auf den übrigen Straßen; 30 km/h als Regelgeschwindigkeit in Ortschaften; vermehrte Kontrollen und Tempolimits für Pkw: 130 km/h auf den Autobahnen und ähnlichen Straßen, vermehrte Kontrollen und schärfere Sanktionen (2005);
- Bevorrechtigungen von Fahrzeugen des öffentlichen Verkehrs, von Fußgängern und Radfahrern, von Pkws mit mehreren Insassen – wo immer möglich; Zugangsbeschränkungen für motorisierte Fahrzeuge in reinen Wohngebieten (2005);
- Baurechtliche Beschränkungen für Wohn- und Gewerbegebiete ohne Anschluss an den ÖPNV bzw. an das Gleisnetz (2005);
- Angleichung der Mineralölsteuer für Vergaser- und Dieseltreibstoff; stufenweise und spürbare Anhebung dieser Steuer;
- Parkraumbewirtschaftung in Städten;
- Umwandlung der Entfernungspauschale in eine sozial ausgewogene Entfernungszulage (2005); Arbeitgeber sind gehalten, für weitere Entfernungen zwischen Arbeitsplatz und Wohnung ein preisgünstiges Job-Ticket anzubieten.

Sonstige Maßnahmen:

- Informations- und Werbekampagnen für energiesparsame Verkehrsmittelnutzung (sofort).

Nichtmotorisierter Verkehr

Als umweltfreundlichste Form der Mobilität verdient der nichtmotorisierte Verkehr eine besondere Beachtung und Förderung im Rahmen einer auf das Ziel der Nachhaltigkeit

[126] Siehe auch: DIW: „Instrumente und Maßnahmen zur Realisierung einer Nachhaltigen Energieversorgung – Entwicklungspfade im Bereich der Mobilität“, Berlin 2001.

ausgerichteten Verkehrspolitik. Zum nichtmotorisierten Verkehr gehören u. a. das zu Fuß gehen und das Rad fahren. Leider werden diese Mobilitätsformen in vielfältiger Weise benachteiligt und in den Statistiken unsichtbar gemacht, indem nur der motorisierte Verkehr als Mobilität gezählt wird. Die Energie-Enquete-Kommission ist in ihrer Arbeit leider dieser Logik gefolgt und hat dem wichtigen Potenzial zur Steigerung des nichtmotorisierten Verkehrs in ihrer Arbeit fast keine Aufmerksamkeit geschenkt.

Gender-spezifische Mobilitätsmuster

Ebenfalls häufig nicht wahrgenommen wird der Gender-Aspekt des Verkehrs. Auf die Geschlechterdimension hat die Sachverständige Prof. Dr. Christine Bauhardt von der TU Berlin in der Anhörung der Enquete-Kommission zum Thema Mobilität aufmerksam gemacht.[127] Danach folgt die Mobilität von Männern und Frauen unterschiedlichen Mustern, die vor allem auf die Arbeitsteilung entlang der Geschlechterlinien zurückzuführen sind.

„In ihrer Alltagsorganisation führen Frauen die produktive und reproduktive Sphäre des Lebens zeitlich und räumlich zusammen. Damit ist gemeint, dass Frauen durch ihre Einbindung in beide Sphären gesellschaftlicher Arbeit, der Erwerbsarbeit und der unentlohnten, aber genauso notwendigen Fürsorge- und Versorgungsarbeit, sowohl zeitliche als auch räumliche Mobilitätsbedürfnisse repräsentieren, die von der männlichen Mobilität abweichen. Das Mobilitätsbedürfnis des männlichen Pendlers spielt sich zwischen Wohnung und Arbeitsplatz ab. Es stellt ein relativ eingeschränktes Modell von Verkehrsnachfrage dar, ist jedoch in der Verkehrsplanung und -politik handlungsleitend. Erkennbar ist dies an der Ausrichtung des Verkehrsangebots an den Bedürfnissen der Erwerbsarbeitszeit.“[128]

So kommt es, dass nach Angaben von Christine Bauhardt Frauen beispielsweise ein Drittel ihrer Wege zu Fuß zurücklegen und demgegenüber dieser Anteil bei Männern nur fünf Prozent beträgt. Eine Verkehrspolitik, die sich an den Bedürfnissen der nichtmotorisierten VerkehrsteilnehmerInnen orientiert, ist also gleichzeitig eine Politik, welche den Interessen von Frauen entgegenkommt, aber damit auch weiteren Verkehrsteilnehmern, die meist unbeachtet bleiben: Kinder, Behinderte und die nicht motorisierten älteren Menschen.[129]

Förderung des Gehens

Den Fußverkehr betrachtet die PDS-Fraktion im Gegensatz zu den anderen Fraktionen als eigenständige und gleichberechtigte Verkehrsart, welche kein technisches Hilfsmittel zur Fortbewegung erfordert, die Gesundheit fördert, keinen Lärm verursacht, keine Schadstoffe ausstößt, von der ein sehr geringes Unfallrisiko ausgeht und die sich neben vielen anderen Vorzügen außerordentlich flexibel und angenehm gestalten lässt.

Förderung des Gehens hat ein hohes Potenzial. Dies zeigt allein die Tatsache, dass 10 Prozent aller Pkw-Fahrten im Bereich einer Entfernung von unter einem Kilometer liegen. Dies ist sicherlich eine Entfernung, die für viele Menschen problemlos und gesundheitsfördernd auch zu Fuß bewältigt werden kann.

Welche Maßnahmen können getroffen werden, um den Fußverkehr zu fördern?

Die Prinzipien zur Förderung des Fußverkehrs lassen sich mit: Raum- geben, Barrieren- abbauen, Schutz- bieten, Orientierung- ermöglichen sowie Bewusstsein- bilden zusammenfassen.[130]

Um den Fußgängern Raum zu geben, sind zusammenhängende Wegenetze mit Querungsstellen ohne Umwege und Wartezeiten sehr wichtig. Einen Minimum an Komfort sichert beispielsweise eine Mindestbreite der Seitenräume von 2,50 m an den Straßen.

Zum Abbau von Barrieren gehören die Nivellierung von Höhendifferenzen und die Beseitigung von Hindernissen in den Seitenräumen (parkende Fahrzeuge, Auslagen von Geschäften, ausgedehnte Baustellen). Die Sensibilisierung der Verwaltung für die Belange von Fußgängern und die politische Unterstützung solcher Maßnahmen ist notwendig. Vorhandene Parkflächen auf Gehwegen sind aufzuheben und neue Parkflächen auf Gehwegen dürfen grundsätzlich nicht mehr ausgewiesen werden.

Da die meisten Unfälle von Fußgängern sich bei der Querung der Fahrbahn ereignen, sind sichere und komfortable Querungsmöglichkeiten zu schaffen. Absperrungen sollten dabei die absolute Ausnahme darstellen. Zebrastreifen sind eine kostengünstige und förderungswürdige Maßnahme zur Erleichterung der Querungen. Sie sollten mit einer Dämpfung der Geschwindigkeit und einer Verbesserung der Sichtverhältnisse kombiniert werden. Ampeln gelten gemeinhin als die sicherste Möglichkeit der Fahrbahnquerung. In der Praxis lassen sich dagegen viele Unfälle mit abbiegenden Fahrzeugen beobachten. Zu lange Wartezeiten sind ein weiteres Sicherheitsproblem, weil mit der Wartezeit die Zahl der „Rotläufer“ zunimmt. Weitere Querungshilfen sind Aufpflasterungen, Mittelinseln und vorgezogene Seitenräume.

Um die Orientierung zu ermöglichen, sollten Hauptwegebeziehungen übersichtlich sein und zu wichtigen Zielen und markanten Bauten führen. Als besonders nützlich und attraktiv erweisen sich Leit- und Informationssysteme sowie Stadtpläne für Fußgänger, welche empfohlene Wege für unterschiedliche Zwecke markieren.

---

[127] Anhörung „Mobilität und Verkehr“ dieser Enquete-Kommission, 2001.

[128] Bauhart,Christine: Stellungnahme zur Anhörung der Enquete-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung“: Mobilität und Verkehr. Berlin,2001.

[129] Bauhardt, Christine 1995: Stadtentwicklung und Verkehrspolitik. Eine Analyse aus feministischer Sicht. Basel, Boston und Berlin: Birkhäuser.

[130] Bräuer, Dirk und Dittrich-Wesbuer, Andrea 2002: Große Schritte? – Wege zu mehr Fußverkehr in der Kommune, in: Verkehrszeichen 1/2002; S. 24–28.

Sehr empfehlenswert ist die Einrichtung kommunaler Fußgängerbeauftragter, die vor allem als zentrale Ansprechpartner von außen sowie als Koordinierungsstelle und Multiplikatoren innerhalb der Verwaltung tätig sein sollten.

Die Ziele und Maßnahmen zur Förderung des Fußverkehrs sollten in einem unter breiter Öffentlichkeitsbeteiligung aufgestellten bundesweiten Aktionsplan zusammengefasst werden.[131]

Wird der hier nur kurz skizzierte Weg zur Förderung des Gehens konsequent beschritten, so können beträchtliche Anteile des Verkehrs zu Fuß zurückgelegt werden. Damit steigt die Lebensqualität für viele Menschen.

Förderung des Fahrrad-Fahrens

Die Förderung des Fahrradverkehrs ist aus Gründen der Nachhaltigkeit besonders wichtig, weil es sich beim Fahrrad um ein sehr leises, schnelles, flexibles, gesundes, kostengünstiges Verkehrsmittel mit geringem Flächenverbrauch und ohne Emissionen handelt.

Leider scheint der Bereich Fahrradverkehr seit einiger Zeit zu stagnieren. Nach „Verkehr in Zahlen“ sind zumindest bis 1999 das Verkehrsaufkommen und die Verkehrsleistung auf Fahrrädern gleich geblieben, während die motorisierten Verkehrsträger einer starken Zunahme unterliegen. So kommt es, dass der Anteil des Rades am gesamten Verkehrsaufkommen sinkt. Trotzdem wurden im Jahr 1999 beträchtliche Anteile der Wege umweltfreundlich mit dem Rad zurückgelegt. Sein Anteil betrug bei den Berufswegen 8,7 %, bei den Ausbildungswegen 18,4 %, im Fall der Einkaufswege 10,1 % und bei den Freizeitwegen 9,7 %. Beachtliche 1,92 Mio. Menschen haben 1999 in Deutschland eine Urlaubsreise per Fahrrad unternommen. Das Beispiel Mecklenburg-Vorpommern zeigt, dass die Bereitstellung einer hochwertigen touristischen Infrastruktur für den Radverkehr den Anteil von Radreisen steigert und auf dieser Grundlage eine beliebte Urlaubsregion für Radfahrer geschaffen werden kann.

60 Prozent des addierten Umsatzes der 100 größten Unternehmen der Welt entfallen auf die Bereiche Öl, Auto, Reifen und Flugzeuge. Diese Tatsache liefert ein wichtiges Indiz dafür, warum die Verkehrspolitik weiterhin auf die Förderung des motorisierten Verkehrs mit Auto, Lkw und Flugzeug ausgerichtet ist. Wir fordern demgegenüber die Privilegierung des Fahrrades und sehen darin auch eine Chance für die Erhöhung der Nachhaltigkeit im Verkehrsbereich. Dass und wie das möglich ist, zeigen die Erfahrungen aus besonders fahrradfreundlichen Städten wie Münster oder Borken, wo die Anteile des Radverkehrs um 40 Prozent betragen. Demgegenüber sind in den Großstädten Berlin und Stuttgart bisher nur Anteile von fünf bis zehn Prozent zu verzeichnen.

Besonders in Städten besteht ein großes Potenzial zur Steigerung des Anteils des Fahrradverkehrs, weil die Hälfte aller innerstädtischen Pkw-Fahrten kürzer als fünf Kilometer sind und das Fahrrad bei diesen Entfernungen oft das schnellste Verkehrsmittel ist.

Als Grundlage einer Politik der Vorfahrt für den Fahrradverkehr ist die Aufstellung und Umsetzung eines nationalen Radverkehrsplan nach Vorbild des niederländischen „Masterplan Fiets“ sinnvoll, um Ziele, Instrumente, Verantwortlichkeiten sowie Finanzierung zusammenzufassen und verbindlich zu regeln.

Größtes Problem für Fahrradfahrerinnen und Fahrradfahrer ist weiterhin die fehlende Radverkehrsinfrastruktur. Nur wenn es gefahrlos möglich ist, Radwege und Radstreifen zu benutzen und keine Umwege in Kauf genommen werden müssen, können mehr Menschen zum Auf- oder Umsteigen auf das Fahrrad bewegt werden. Das zeigt die wichtige Bedeutung, welche der Schaffung kurzer Wege für Radfahrerinnen und Radfahrer durch Raumordnung, Stadtplanung und -bau zukommt. Der Radfahrstreifen sollte innerstädtisch zum Regelfall werden, der Radweg zur absoluten Ausnahme. Unfallanalysen zeigen, dass Radfahrer auf Radwegen stärker gefährdet sind, als wenn sie auf der Straße gut sichtbar mitfahren, da sie auf Radwegen für Kraftfahrer hinter parkenden Autos versteckt sind und erst an Kreuzungen für sie in Erscheinung treten. Radspur statt Radweg ist daher ein wichtiges Motto für die Zukunft.[132]

Beim Bau von Fahrradstreifen und -wegen müssen Städte und Kommunen vom Bund stärker, auch finanziell, unterstützt werden. Dies erfordert eine entsprechende Anpassung des Gemeindeverkehrfinanzierungsgesetzes (GVFG), aber auch die Abschaffung der Bindung der Radverkehrsinfrastruktur an den Straßenbau. Überregional müssen die regionalen und touristischen Radrouten zu einem Bundesradroutennetz verknüpft werden. Die völlig am Auto orientierte StVO und StVZO bedarf einer grundlegenden Überarbeitung. Auch die Schnittstellen zwischen Fahrrad einerseits und öffentlichem Verkehr bzw. Bahn andererseits müssen durchlässig werden. Es muss zukünftig eine Selbstverständlichkeit sein, dass in allen Zuggattungen Fahrräder mitgenommen werden.

---

[131] Aschmann, Marion/Ackermann, Till/Hecht, Christoph und Englmann, Frank C. 1999: Mehr Fußgänger und Radfahrer – wie ist das zu erreichen, in: Internationales Verkehrswesen, 51, 3/99, S. 83–85. Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen 1999: Erster Bericht der Bundesregierung über die Situation des Fahrradverkehrs in der Bundesrepublik Deutschland. Bonn. ILS 2001: Fußverkehr. Eine Planungshilfe für die Praxis. Dortmund. Bausteine für die Planungspraxis in Nordrhein-Westfalen, Bd. 24. Monheim, Heiner und Monheim-Dandorfer, Rita 1990: Straßen für alle. Analysen und Konzepte zum Stadtverkehr der Zukunft. Hamburg: Rasch und Röhring. VCD 2000: Fahrrad-Masterplan für Deutschland. Bonn.

[132] Aschmann, Marion/Ackermann, Till/Hecht, Christoph und Englmann, Frank C. 1999: Mehr Fußgänger und Radfahrer – wie ist das zu erreichen, in: Internationales Verkehrswesen, 51, 3/99, S. 83–85. Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen 1999: Erster Bericht der Bundesregierung über die Situation des Fahrradverkehrs in der Bundesrepublik Deutschland. Bonn. ILS 2001: Fußverkehr. Eine Planungshilfe für die Praxis. Dortmund. Bausteine für die Planungspraxis in Nordrhein-Westfalen, Bd. 24. Monheim, Heiner und Monheim-Dandorfer, Rita 1990: Straßen für alle. Analysen und Konzepte zum Stadtverkehr der Zukunft. Hamburg: Rasch und Röhring. VCD 2000: Fahrrad-Masterplan für Deutschland. Bonn.

Güterverkehr:

Güter müssen endlich auf die Schiene

Das Deutsche Institut für Wirtschaftsforschung (DIW) hat vor etwa zehn Jahren festgestellt:

„Die Dynamik des Lkw-Verkehrs ist ungebrochen. Anders als bei der Bahn und der Binnenschiffahrt haben die Straßenverkehrsleistungen in den letzten Jahren ständig zugenommen. Dabei weist der Straßengüterverkehr im Vergleich zu den anderen Verkehrsträgern hinsichtlich des spezifischen Energieverbrauchs und der spezifischen Schadstoffemissionen die ungünstigsten Werte auf. Auch die Belastung der Bevölkerung durch Straßenverkehrslärm stellt ein immer größeres Problem dar.“[133]

An diesen Feststellungen hat sich beinahe zehn Jahre später nichts geändert. Weder die privatisierte Bundesbahn noch die Bildung der Untergesellschaft, DB-Cargo, die dem Schienengüterverkehr eine besondere Bedeutung zugewiesen hatte, haben dem Schienengüterverkehr Auftrieb gegeben. Auch die Verpflichtung der Bundesregierung, die Treibhausgase bis zum Jahre 2005 um 25 % zu senken, führte noch nicht einmal zum Bemühen um eine Trendumkehr. Es hätte die Chance bestanden, mit konzertierter und massierter Verlagerung des Güterverkehrs auf die Schiene die Produktion der klimaschädlichen Gase im Verkehrsbereich wesentlich zu reduzieren. Diese Chance wurde bisher vertan; und die gegenwärtige Verkehrspolitik wie auch die Geschäftspolitik der Bahn AG lassen eine Hoffnung auf Besserung nicht zu.

Güterverkehr falsch programmiert

Jahrzehntelang wurde und wird der Straßengüterverkehr begünstigt durch gigantische Investitionen in das Straßenverkehrsnetz und eine Vernachlässigung des Schienenverkehrs – das Ergebnis ist ein weit auseinander driftender Modal-Split.[134]

Subventioniert wurde und wird der Transport über die Straßen trotz offensichtlicher massiver Schäden an Straßen und Gesundheit durch die niedrigere Mineralölsteuer für Dieseltreibstoff. Damit sind die Lkw-Speditionen zu einem Machtfaktor geworden, der nicht nur Blockaden organisieren kann, sondern der die Güterverkehrspolitik in Berlin und Brüssel bestimmt.

Nach Angaben der EU-Kommission kommt der Straßengüterverkehr lediglich für 10 % der Kosten seiner Straßennutzung auf, es verbleiben ungedeckte Kosten in mindestens zweistelliger Milliardenhöhe. Dem stehen Subventionen wie die Dieseltreibstoffverbilligung von ca. 9 Mrd. DM pro Jahr und ein spottbilliger „Trassenpreis“ für die Fernstraßen von bisher pauschal 2 400 DM pro Jahr und Lkw (als Vignette) gegenüber.

Zwar ist der hoffnungslose Rückstand der Investitionen in den Schienenverkehr in den letzten Jahren etwas aufgeholt worden, doch davon hat der Güterverkehr nicht profitiert – im Gegenteil: wenn bis 2007 immer noch einige Milliarden mehr in die Bundesfernstraßen investiert werden, wird damit weiter der Straßengüterverkehr begünstigt.

Die Nachteile und ungedeckten Kosten des Straßengüterverkehrs sind uns allen bekannt: Schlangen von Lastzügen auf der rechten Seite der Autobahnen, Staus und Unfälle ausgelöst von Lkws, nächtlicher Dauerlärm an den Schlagadern der Brummis. Die Transportleistung von ca. 320 Mrd. Tonnenkilometern wird erkauft mit zahllosen Staus auf den Autobahnen, unzähligen Baustellen auf sämtlichen Bundesfernstraßen, die durch den hohen Straßenverschleiß des Lkw-Verkehrs verursacht werden. Denn ein einziger 40-Tonner zerwalkt die Straßen wie 160 000 Pkws von 2 Tonnen Gewicht.

Hinzu kommen die ca. 50-mal (CO_2) bzw. 120-mal (NO_x, CO usw.) höheren Schadstoffemissionen des Straßenverkehrs gegenüber dem umweltfreundlicheren Schienenverkehr. Die Emissionen von CO_2 haben im Jahrzehnt von 1990 bis 2000 für den Güterverkehr auf der Straße beinahe dreimal so stark zugenommen (+ 70 %) wie die des Gesamtverkehrs.[135]

Dieser wiederum ragt einsam heraus mit seiner Emissionssteigerung von ca. 26 % in diesem Zeitraum gegenüber erheblichen Reduktionen in verschiedenen anderen Wirtschaftsektoren, was vor allem auf die De-Industrialisierung in Ostdeutschland zurückzuführen ist.

Die CO_2-Emissionen im Verkehrsbereich werden aller Voraussicht nach noch bis 2020 um 24 % steigen – nach einer Prognose des UBA[136] – da mit durchgreifenden Maßnahmen zur Verkehrsvermeidung und -verlagerung auf die Schiene immer noch gezögert wird und keine Anstrengungen unternommen werden, den Trend zum leistungsstärkeren Auto, zum Auto ohne Sparpotenzial, zu stoppen.

Das Einsparpotenzial an Energie und an Treibhausgasemissionen im Schienengüterverkehr übersteigt alle technisch möglichen Effizienzsteigerungen: 17-mal mehr CO_2 werden pro tkm auf der Straße emittiert als auf der Schiene!

Die übrigen Schadstoff-Emissionen beim Straßengüterverkehr lassen sich beträchtlich reduzieren – meist durch technische Mittel, wie den Katalysator oder Partikelfilter. Bis 2020 lassen sich nach UBA die Gesamtemissionen an NO_x, Partikel, CO etc. auf 1/7 der Werte von 1990 reduzieren. Dieses Siebtel ist dann aber immer noch 46-mal mehr, als im Schienenverkehr freigesetzt wird. Bezogen auf die Leistung emittiert der Straßengüterverkehr 6-mal mehr NO_x etc. als der Schienengüterverkehr pro tkm. Bis 2020 könnte dieser Faktor immerhin auf etwa 2 reduziert werden.

In Anbetracht dieser Daten wird verständlich, dass bei einer konservativen Rechnung die Lkws nicht gedeckte

[133] DIW-Wochenbericht 12/95, 1995.

[134] Rochlitz, Jürgen, Kongress „Bürgerbahn statt Börsenbahn“, Kassel, 2002.

[135] DIW: „Instrumente und Maßnahmen zur Realisierung einer Nachhaltigen Energieversorgung – Entwicklungspfade im Bereich der Mobilität“, Berlin 2001.

[136] Anhörung „Mobilität und Verkehr“ dieser Enquete-Kommission, 2001.

Umwelt- und Unfallkosten von 62 Mrd. DM pro Jahr verursachen, während die Güterbahn lediglich auf 4 Mrd. DM/a kommt.

Der mächtigen Lobby aus Autoindustrie und Speditionsunternehmen ist es gelungen, eine Verkehrspolitik gegen diese ausgezeichnete Umweltfreundlichkeit des Schienengüterverkehrs durchzusetzen. Die Folge ist der unaufhaltsame Anstieg des Straßengüterverkehrs, der 2/3 des Gesamtgüterverkehrs bestreitet; das knappe 1/6 der Schiene beim Modal-Split wird nur mit beachtlichen Anstrengungen zu halten sein.

Die Weichen sind falsch gestellt

Schon gleich nach der Wende wurden im Osten Deutschlands die Weichen für den Güterverkehr falsch gestellt. Zwar wurde der Transportbedarf einer abgewickelten und deindustrialisierten Wirtschaft schlagartig kleiner, doch hätten alle Schienenverbindungen erhalten werden können, wenn der politische Wille dazu vorhanden gewesen wäre. Die damals noch bestehende Schieneninfrastruktur hätte einer Wiederbelebung von Handel und Wirtschaft genutzt und könnte gerade für die Zukunft mit einer Osterweiterung der EU das Rückgrat einer besseren und zukunftsfähigen Verkehrsinfrastruktur darstellen. So aber sind im Osten die Fehler des Westens, nämlich Zerstörung und Abbau eines engmaschigen Schienennetzes, wiederholt, ja sogar verstärkt worden.

Mit dem Prozess der Bahnprivatisierung und mit dem gigantischen Rationalisierungsprogramm der Bahn AG wurden erneut die ökonomischen Weichen falsch gestellt: Vorrang von Betriebswirtschaft vor Volkswirtschaft mit dem Ziel, höchste Wirtschaftlichkeit und Börsenfähigkeit zu erreichen. Von den volkswirtschaftlich bedeutsamen Zielen einer Bahn:

(1) Grundversorgung mit Mobilität für alle,

(2) umwelt- und generationenfreundliche Verkehrsabwicklung, also Schonung der Mehrheit der Bevölkerung vor einer außer Rand und Band geratenen Straßenmobilität und

(3) ein breites und vielfältiges Arbeitsplatzangebot

hat sich die DB AG verabschiedet.

Damit war auch die Stunde des Rückzugs aus der Fläche für den Güterverkehr gekommen. Landwirtschaftliche, saisonale Transporte wie die der Zuckerrüben, oder auch die erst vor kurzem mit aufwendigen Bahn-Terminals ausgestatteten Paket- und Brieftransporte der früheren Bundespost, wurden dem Lkw überlassen. Die Infrastruktureinrichtungen des Gütertransports wie Lagerhallen, Verladeeinrichtungen, Abstellgleise, Anschlussgleise und Weichen wurden und werden sukzessive abgebaut, verkauft oder dem Verfall überlassen. Ob interessierte Kommunen und Firmen nach dem Aufkauf der großen Güterbahnhofsflächen einen städtebaulichen oder gar volkswirtschaftlich sinnvollen Beitrag leisten werden, ist mehr als fraglich.

Mit ihrem Vorgehen hat die Bahn AG volkswirtschaftliche Schäden in gigantischer Höhe verursacht und ist immer noch dabei sie zu vermehren. Jede Wiederbelebung eines Güterverkehrs auf der Schiene bis in die letzten Winkel des Landes ist erheblich erschwert worden und mit beachtlichen Investitionen verbunden. Zudem werden durch diesen Kahlschlag die Güterverkehrsmitbewerber, die kleinen Eisenbahngesellschaften, behindert und gehindert, die Übernahme des ehemaligen Bahnangebots und dessen wirtschaftliche Ausdehnung zu betreiben.

Anfang 2001 begann der nächste Akt von Stillegungen im Schienengüterverkehr. Der Containerverkehr sollte auf wenige hochfrequentierte Korridore im internationalen Verkehr beschränkt werden. Dies bedeutet, dass einige Terminals nicht mehr angefahren werden; seinerzeit war von 60 bis 80 die Rede. Schon damals wurde das Mora C-Programm angekündigt.

Mit der Unwahrheit „Wir wollen uns nicht aus der Fläche zurückziehen.“ erläuterte der Vorstandsvorsitzende der DB AG, warum er genau dies vorhat. Die Beförderung von Gütern in Einzelwaggons solle wegen der damit verknüpften Verluste überprüft werden. Schließlich steuerten die 7 000 Einzelkunden nur 15 % zum Umsatz bei, während 320 Großkunden 85 % des Umsatzes erbrächten. Seit Anfang diesen Jahres werden die ersten der etwa 700 stillzulegenden Anschlussgleise und Kleinbahnhöfe nicht mehr bedient. Geplant ist von DB-Cargo, sich mehr auf Ganzzüge zu konzentrieren und den Einzelwagenverkehr einzuschränken.

Ob dieses Programm tatsächlich zu der Optimierung des Schienengüterverkehrs mit einer Steigerung seines Anteils um 15 % führen wird, bleibt abzuwarten.

In diesem Jahr haben die Lkws jedenfalls wieder einen Sieg errungen und in der Fläche verkehren erneut weniger Güterzüge und mehr Lkws. Das wichtige Segment des Güternahverkehrs wird gänzlich aus dem Programm gestrichen.

Damit ist das Mora C-Programm ein Beitrag zur Verschlechterung des Klimas – sowohl wortwörtlich gemeint als auch im übertragenen Sinne, was die Beschäftigung bei der Bahn-AG anbelangt.

Umsteuern – möglichst bald!

Die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate der Güterverkehrsleistungen in tkm bis 2020 liegt mit voraussichtlich 2,4 Prozent (DIW) deutlich über der des BIP (2,0 Prozent). Die allmähliche Entkoppelung von Wirtschaftswachstum und Verkehrszunahme, die auch von der EU favorisiert wird, um die aus dem Verkehr resultierenden Folgeprobleme nicht ins Uferlose wachsen zu lassen, scheint damit in weite Ferne gerückt. Die für die Umwelt daraus resultierenden Probleme verschärfen sich noch dadurch, dass unter den gegebenen politischen Rahmenbedingungen der Straßengüterverkehr deutlich stärker wächst als die umweltverträglicheren Verkehrsträger Bahn und Binnenschifffahrt.

Viele der heute existierenden Verkehrs- und Umweltprobleme sind eine unmittelbare Folge der EU-Politik, einen einheitlichen europäischen Binnenmarkt herzustellen. Zur Realisierung der erhofften Wirtschaftsdynamik wurden die Verkehrsmärkte zunehmend liberalisiert. Die daraus

resultierende freie Preisbildung im Straßengüterverkehr hat seit Anfang der 90er Jahre zu einem starken Preisverfall für Transportkosten und damit auch zu den endlosen Lkw-Kolonnen geführt. Und die Ausklammerung des Schienengüterverkehrs aus dieser Entwicklung führte zu dessen sich weiter vergrößernden Rückstand. Diese Entwicklung auf den Transportmärkten wiederum begünstigte und förderte ein enorm transportintensives Wirtschafts- und Produktionssystem mit „Just in Time“ und „Zero Stock“. Die Lagerhaltung fand und findet auf den Straßen statt.

Wenn nicht grundlegend umgesteuert wird – dies belegen alle Prognosen, selbst die für das BVM erstellten – dann wird der Modal-Splitanteil des Güterverkehrs auf der Schiene von gegenwärtig 15,7 % bis 2005 auf 14,5 % absinken, derjenige auf der Straße gar um 2 % auf 69,6 % ansteigen. Auch allein durch die Förderung des Kombinierten Verkehrs mit derzeit 150 Mio. DM/a wird der nötige Umschwung nicht zu schaffen sein. Dazu müsste mindestens der bis 2015 zu erwartende 60 %ige Güterzuwachs von der Bahn aufgefangen werden; eher mehr, denn durch die EU-Osterweiterung sind zusätzliche Steigerungen zu erwarten.

Dies sollte nach Auffassung der Bundesregierung durch die Lkw-Maut erreicht werden. Doch mit durchschnittlich 0,15 € pro km wird sich die nötige und gewünschte Lenkungswirkung nicht entfalten. Dieser Betrag deckt gerade mal einen Bruchteil der von den 40-Tonnern verursachten Straßenschäden. Die noch höheren Umwelt- und Unfallschäden waren gar nicht einbezogen worden. Die Schweiz macht uns dagegen vor, wie ein Modal-Split von 38 % für den Schienengüterverkehr erreicht werden kann. Dort brechen weder die Bundes- noch die Kantonskassen zusammen, wenn das Aufkommen aus einer deutlich höheren Maut ausschließlich für die Schieneninfrastruktur genutzt wird. Dort wird auch die Wirtschaft nicht durch die besondere Förderung der Schiene geschädigt – im Gegenteil.

Völlig verfehlt bei der bundesdeutschen Lkw-Maut ist, dass lediglich für Autobahnfahrten gezahlt werden muss – als wenn es auf den übrigen Straßen keine Schäden durch Lkw gäbe. Gegenüber Vorhaltungen, künftig würde auf Bundes- und Landesstraßen ausgewichen, blieb der BVM Bodewig taub. Ebenfalls verfehlt und mit unsinnigen Ausgaben verbunden ist das System der Mauterhebung über Satellit und ein elektronisches Bordsystem, das wegen der Begrenzung auf die Autobahnen für notwendig gehalten wurde. Hier wurde einer anderen starken Lobby unnötigerweise ein weites Betätigungsfeld eröffnet: der Lobby der Informations- und Kommunikationsindustrie.

Folgende Maßnahmen dienen dazu, den bisherigen überdimensionalen Wettbewerbsvorteil der Lkws zu brechen und endlich mehr Güter auf die Schiene zu bringen, mit der Folge, wirksamen Klimaschutz zu betreiben:

(1) Einfacher als jede Lkw-Maut, nämlich ohne jegliche zusätzliche, komplizierte Technik, ohne technisches Bordsystem, dennoch leistungsabhängig, km-abhängig, Tonnage-abhängig ist immer noch die **Angleichung der Mineralölsteuern für Diesel- und Vergasertreibstoff.** Die bisherige Differenz der Mineralölsteuer zwischen den beiden Treibstoffen ist mit nichts zu rechtfertigen.

(2) Die Lenkungswirkung dieser ersten Maßnahme wird verstärkt durch eine **Schwerverkehrsabgabe,** deren Aufkommen allein der Alternative zum Straßenverkehr, dem Schienengüterverkehr und seiner Infrastruktur zugute kommen muss.

(3) Der Netzzustand des Schienenverkehrs bedarf dringend der Verbesserung, da er besonders den Güterverkehr zeitaufwendig und schwer kalkulierbar macht: Langsamfahrstellen, Kapazitätsengpässe, Behinderungen an den Grenzübergängen, überholte Technik müssen entfernt werden.

(4) **Schienenausbau:** Reaktivierung alter noch bestehender Bahnstrecken, Nutzung noch existierender Trassen, Ausbau von Strecken für den Güterverkehr, Ausbau des Kombinierten Verkehrs, verbesserte Gleisanschlüsse zu Produktions-, Lager- und Logistik-Standorten, Ausbau des Güternahverkehrs mit kurz- bis mittelfristigen Zielen, Einführung von Cargo-Trams für den Transport bis in die Innenstädte, Angebote von City-Logistik

(5) **Modernste Technik und modernstes Waggonmaterial** gehören zur Optimierung der Transporte, zu mehr Kundenfreundlichkeit und zur Verkürzung der Transportzeiten.

(6) Immerhin haben schon zwei Regierungs-Kommissionen zwischen 9 und 10 Mrd. DM pro Jahr für die Verbesserung der Infrastruktur gefordert. Getan hat sich in dieser Größenordnung bisher noch nichts. Möglich sind:

– Automatische Kupplungen, „intelligente“ Güterwagen, selbstgesteuerte Transporteinheiten zumindest für die Zugzusammenstellung, Ladeeinrichtungen an Güterwagen, Cargo-Sprinter, Rollende Landstraße, flexible, einfache und intelligente Auffahrsysteme für Lkw-Transporte (z. B. wie am Furka-Pass, Schweiz), Kombitrailer, dezentrale Container-Umschlagsysteme,

– Erhöhung der Strecken- und Knotenkapazitäten durch moderne Zugsicherungs- und Betriebsleitsysteme,

– verbesserte Kompatibilität der internationalen Schienenverkehre (Technische Systeme, Spurweiten, Elektrik, Lokomotiven, usw.),

– Beseitigung der zeitaufwendigen Grenzbehandlung.

I. Kundenfreundlichkeit: Komplett-Angebote mit Logistik (Transport und Lagerhaltung) von Regal zu Regal, Informationssysteme zur Sendungsverfolgung oder Online-Ortung der transportierten Güter. Entwicklung verkehrsarmer Logistikkonzepte. Die DB Cargo muss endlich offensiv agieren.

II. Ordnungspolitisch muss diese neue Bahnpolitik begleitet werden durch Tempolimits, Überholverbote und Nacht- und Wochenend-Fahrverbote für Lkws und ihre penible Überwachung samt schärferer Ahndung; durch bessere Überwachung der Lenk- und Ruhezeiten der

Fahrer, durch bessere Überwachung bestehender Vorschriften, durch obligatorische Schulung in energiesparender Fahrweise, usw.

III. Strukturpolitisch muss verhindert werden, dass Industrie- und Gewerbegebiete ohne Gleisanschluss genehmigt werden; für bestehende muss eine Nachrüstung vorgeschrieben werden.

IV. Wirtschaftspolitisch müssen ein diskriminierungsfreier Zugang zum Netz und ein tatsächlich transparentes Trassenpreissystem durchgesetzt werden. Dies ist auch ein Beitrag, um mehr Güterverkehr auf die Schiene zu bringen. Zur Erhaltung des bestehenden Netzes, noch mehr zu Reaktivierung stillgelegter Teile und zur Reaktivierung jetzt stillgelegter Anschlüsse wäre es von Vorteil, wenn mehr als bisher nur 2 % Schienengüterverkehr von regional operierenden Kleinbahnen übernommen werden könnten.

Das DIW, das für das Technikfolgen-Büro und für die Enquete-Kommission des deutschen Bundestags einen Teil dieser Forderungen in seinem Gutachten formuliert hat, stellt dazu abschließend fest:[137]

„Gelingt es mittelfristig nicht, diesen Katalog von Mängeln, Defiziten und Schwachstellen auch nur annähernd zu beseitigen, bzw. die nötigen Verbesserungen durchzusetzen, dann sind die im „Nachhaltigkeitsszenario“ (bis 2020: 92 % mehr tkm auf der Bahn, davon allein eine Verdreifachung des kombinierten Verkehrs) ermittelten Verkehrsmengen Makulatur ... auch die im „Trendszenario“ für die Bahn ermittelten – niedrigeren – Verkehrsmengen (+ 30 % mit Verdoppelung des kombinierten Verkehrs) sind dann als extrem unrealistisch zu bezeichnen. Das sogenannte Integrationsszenario der Prognosen des Bundesverkehrsministeriums mit einer ähnlichen Entwicklungsprognose wäre dem Bereich der Utopie zuzuordnen.“

Mit anderen Worten: Beim Misslingen dieses Programms werden wir endgültig überrollt von den Lasterlawinen und der Güterverkehr auf der Schiene fristet lediglich ein Schattendasein mit lukrativen Langstrecken.

Weder den Menschen an den Haupttrassen des Güterverkehrs, noch den Autofahrern, noch den Straßen und ihren Steuerzahlern ist die vorausgesagte Steigerung des Lkw-Verkehrs von 60 % bis 2015 zuzumuten. Die vorgeschlagenen Verbesserungen beim Schienengüterverkehr sind daher volkswirtschaftlich dringend geboten. Die Güter müssen endlich auf die Schiene.

Flugverkehr

Der Flugverkehr ist diejenige Quelle von Treibhausgasen, die weltweit am stärksten wächst. Das hohe Nachfragewachstum im Flugverkehr ist auf den Anstieg des Bruttoinlandsprodukts in verschiedenen Weltregionen, einen starken Anstieg des Ferntourismus sowie ein steigendes Mobilitätsbedürfnis mit immer längeren zurückgelegten Wegen zurückzuführen. Es ist zu erwarten, dass sich sein Anteil am gesamten Passagiertransportvolumen bis 2050 von 9 % (1990) auf 36 % vervierfachen wird.[138]

Der Flugverkehr ist derzeit für ca. 3,5 % der klimawirksamen der anthropogenen Treibhausgasemissionen verantwortlich. Vom IPCC wird der Anteil für 2050 auf 5 % geschätzt (Referenzszenario), in anderen Szenarios ergeben sich Anteile bis 15 %. Der WBGU schätzt, dass der CO_2-Ausstoß des Flugverkehrs von 1992 bis 2025 sich (im Trend) verdreifachen wird, trotz der Terroranschläge vom 11. September 2001.[139]

Da die Emissionen aus dem internationalen Luftverkehr nicht unter die Reduktionsverpflichtungen des Kioto-Protokolls fallen, werden zunehmend Maßnahmen für einen umweltfreundlichen Luftverkehr gefordert. Schweden und die Schweiz haben hierzu schon emissionsabhängige Landegebühren eingeführt. Der Verkehrsministerrat der EU erwägt die Einführung einer emissionsabhängigen Streckenabgabe der EU im Alleingang. Der bundesdeutsche WBGU hat in seinem oben zitierten Sondergutachten sowohl für den internationalen Luftraum als auch für die Hohe See Entgelte für die Nutzung globaler Gemeinschaftsgüter vorgeschlagen.

Hemmnisse für die Emissionsreduktion beim Flugverkehr sind einerseits die lange Lebensdauer der Flugzeuge (mehr als 25 Jahre), sowie ihre hohen Kapitalkosten, die einen Austausch gegen technisch effizientere erschweren. Andererseits ist die wirtschaftliche Bedeutung des Luftverkehrs mit einem weltweiten Umsatz von 1 000 Mrd. € und einer Beschäftigtenzahl von weltweit ca. 22 Mio. beträchtlich – damit auch seine weltweit agierenden Lobbies. Und es darf nicht verkannt werden, dass die Flugzeugbauer, ihre Zulieferer und die Flughäfen samt deren Logistik sich in enger Verknüpfung mit dem militärischen Flugbetrieb befinden. Mächtige Interessengruppen arbeiten daher an der weiteren „Förderung“, also der massiven Subventionierung der Flugverkehrswirtschaft.

Um so mehr halten wir es für dringend geboten, die Eindämmung der beträchtlichen negativen Umweltfolgen des Flugverkehrs als wichtigen Beitrag zu einer Politik der Nachhaltigkeit – erst recht speziell im Energiebereich – zu fordern. Der WBGU rechnet auf der Basis der verschiedenen IPCC-Szenarien mit mittel- bis langfristig (2050) bis zu ca. 30 Mrd. € pro Jahr an Kosten für die durch den weltweiten Flugverkehr ausgelösten Klimafolgen.

Folgende Maßnahmen können der Eindämmung der Umweltschäden durch den Flugverkehr dienen:

1) Das Flughafenkonzept ist dahingehend zu ändern, dass der weitere Aus- und Neubau von Flughäfen nicht mehr weiter vorangetrieben wird und gleichzeitig die Verlagerung der innerdeutschen Personentransporte

[137] DIW: „Instrumente und Maßnahmen zur Realisierung einer Nachhaltigen Energieversorgung – Entwicklungspfade im Bereich der Mobilität“, Berlin 2001.

[138] IPCC, „Special Report on Aviation and Global Atmosphere“ 1999.

[139] WBGU: Sondergutachten: „Entgelte für die Nutzung globaler Gemeinschaftsgüter“, 2002.

auf die Schiene vorgenommen wird (2010); Besteuerung des Flugtreibstoffs sowohl in der EU wie auch weltweit (bis 2010);

2) Bis zur Besteuerung des Flugtreibstoffs Erhebung von Start- und/oder Landegebühren auf deutschen Flughäfen in Abhängigkeit von Schadstoff- und Lärmemissionen der jeweiligen Flugzeuge (2010);
3) Abbau von Subventionen zu Gunsten der Luftfahrtindustrie und des Luftverkehrs (2005);
4) Zunehmende Restriktionen für den Nachtflugverkehr auf den deutschen Flughäfen; z. B. beginnend mit einem Nachtflugverbot auf dem Rhein-Main-Flughafen (ab sofort);
5) Verkürzung der Zulassungszeiten für emissionsärmere Flugzeuge und Verkürzung der Nutzungsdauer für Flugzeuge mit veralteter Technik (2005);
6) Verschärfung der Grenzwerte für Schadstoff- und Lärm-Emissionen (2005);
7) Die für Zivilflugzeuge benannten Maßnahmen müssen ebenfalls auf Militärflugzeuge bzw. Militärflugplätze angewendet werden.

Verkehrslärm

Unmittelbar mit den Bewegungen des Verkehrs und mit den dort eingesetzten Energien ist die Emission von Schall verknüpft, der als lästig erlebt wird oder zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen führt und daher als „Lärm“ bezeichnet wird.

Vom Lärm des Verkehrs auf den Straßen fühlen sich in Deutschland mehr als die Hälfte der Bevölkerung, gut 15 % (etwa 12 Mio. Bürger) sogar „stark“ belästigt.[140] Bundesweit fühlt sich mehr als jeder Fünfte durch Fluglärm belästigt; die Belästigung durch Schienenverkehr findet bei einem Sechstel der Bevölkerung statt. Leider gelang es der Bundesregierung lediglich, eine Novellierung des Lärmschutzes für Rasenmäher durchzusetzen, wohingegen die Novellierungen für den Flug-, Straßen- und Schienenverkehr bisher gescheitert sind.

Eine neue Verkehrspolitik wird sich nur dann als nachhaltig bezeichnen lassen, wenn außer der Reduktion der Emissionen von Treibhausgasen und anderen Schadstoffen auch eine Reduktion der Lärmbelästigung stattfindet. Denn die durch Verkehr verursachten Geräusche können nicht nur belästigen, „sondern durch chronische Beeinträchtigung des Schlafes, der Erholung und der geistigen Arbeit eine Gesundheitsgefährdung darstellen“ (UBA). Es können vegetative und endokrine Reaktionen ausgelöst werden; bei Schallpegeln über 50 dB(A) ist nachts mit Schlafstörungen zu rechnen, bei solchen über 65 dB(A) tagsüber sind erhöhte Risiken für z. B. Herzkreislauferkrankungen zu befürchten (UBA). Auf Grund von epidemiologischen Untersuchungen und darauf aufbauenden Modellrechnungen ist zu fürchten, dass ca. 12 Mio. Bewohner Deutschlands durch Verkehrslärm dem Risiko einer Herzkreislaufkrankheit wie Herzinfarkt oder Angina Pectoris ausgesetzt sind.

Zeitlich gebündelt – in fünf Zehnjahresprogrammen – sollen durch Maßnahmen bis 2050 die bundesweiten Lärm-Immissionen auf einen Tagespegel von max. 50 dB(A) und einen nächtlichen Pegel von max. 30 dB(A) gesenkt werden, sodass sie keinerlei Belästigungen der Bevölkerung mehr auslösen. Diese Handlungsziele können nur durch ein Bündel von Maßnahmen der Verkehrsvermeidung, der Verkehrsverlagerung zum Umweltverbund, durch technische Maßnahmen an den Quellen und durch planerische Maßnahmen in den Infrastrukturen, schließlich auch durch Sanierungsmaßnahmen erreicht werden. In dieser Reihenfolge ist auch die Abfolge der Prioritäten der Maßnahmen zu sehen. Höchste Priorität haben danach die Maßnahmen, die am wirkungsvollsten zur Lärmvorsorge beitragen.

Für eine möglichst kurzfristige Minderung der Geräuschemissionen von Kraftfahrzeugen müssen

– die Geräuschvorschriften verschärft,
– deren Kontrolle verbessert und
– auf Reifen und auf Straßenbeläge ausgedehnt werden.

Schließlich muss endlich ein Verkehrslärmschutzgesetz verabschiedet werden, welches Grenzwerte für bestehende Verkehrswege festsetzt. Zur Zeit gibt es diese, allerdings zu hohen, Grenzwerte nur bei dem Aus- und Neubau von Straßen- und Schienen-Wegen.

Für den Fluglärm gilt Analoges: Vermeidung und Verlagerung zusammen mit Restriktionen haben Vorrang vor Maßnahmen an der Quelle, diese wiederum rangieren vor Maßnahmen des passiven Lärmschutzes.

Konkret müssen unverzüglich Anforderungen an den Stand der Technik von Flugzeugen festgesetzt werden, bei deren Überschreitung die Flugzeuge ausgemustert werden müssen; bei militärischen Flugzeugen muss identisch verfahren werden. Nachtflugverbote und Kontingentierung von Flugreisen großer Weite können weitere sinnvolle Instrumente zur Reduktion von Fluglärm und zur Reduktion von Treibhausgasemissionen sein.

4.3.5 Potenziale und Optionen im (fossilen und nuklearen) Umwandlungsbereich

4.3.5.1 Merkmale des Sektors und künftige Tendenzen

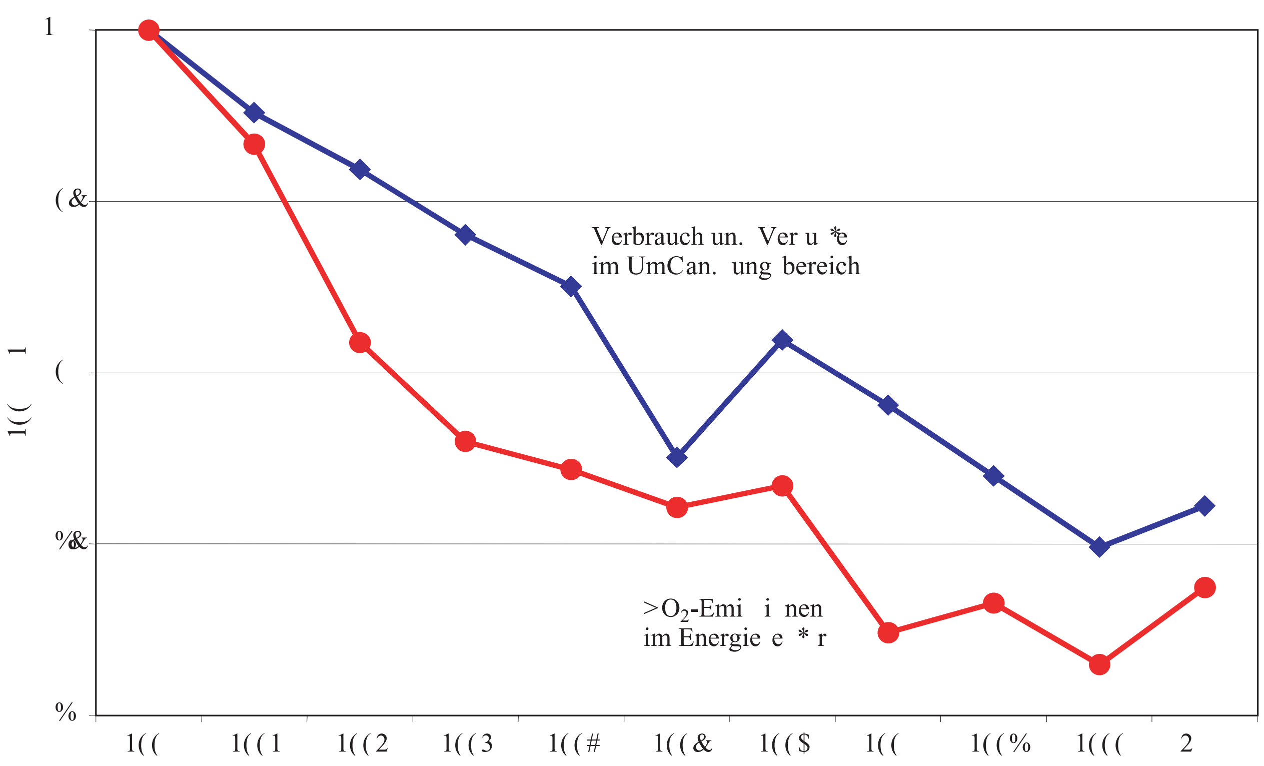
(794) Ähnlich wie in der Industrie ist auch die Entwicklung des Energieverbrauchs im gesamten Umwandlungsbereich in den neunziger Jahren wesentlich vom „Wiedervereinigungseffekt“ beeinflusst worden. So verminderte sich der Energieverbrauch in diesem Bereich von 1990 bis 1995 um rund 12 %, während er im Jahre 2000 „nur“ noch um weniger als 2 % unter dem 1995er-Niveau lag (Abbildung 4-29).

(795) Insgesamt absorbiert der Umwandlungsbereich einen großen, im Zeitablauf allerdings leicht abnehmenden Teil des gesamten Primärenergieverbrauchs: Im Jahre 1990 betrug sein Anteil noch gut 30 %, zehn Jahre später waren es etwa drei Prozentpunkte weniger.

[140] UBA, Daten zur Umwelt 2000.

Abbildung 4-29

Energieverbrauch und CO_2-Emissionen im Umwandlungsbereich in Deutschland von 1990 bis 2000



Quellen: AG Energiebilanzen, Umweltbundesamt, DIW

(796) Gleichzeitig ist der Umwandlungsbereich für sich genommen und gemessen an den direkten CO_2-Emissionen mit Anteilen von 44 bis 45 % der bei weitem größte CO_2-Emittent. Innerhalb des gesamten Umwandlungsbereiches weisen die Kraftwerke den mit Abstand größten und zudem steigenden Anteil auf: Im Jahre 1990 belief er sich auf rund 80 %, erhöhte sich dann aber bis auf reichlich 85 % im Jahre 2000 (Tabelle 4-51).

(797) Der Umwandlungseinsatz insgesamt belief sich in Deutschland im Jahre 1998 auf rund 11 510 PJ und der Umwandlungsausstoß auf knapp 8 280 PJ. Daraus errechnet sich eine mittlere Output/Input-Relation von etwa 72 % (Tabelle 4-52).

(798) Die Output/Input-Relation zeigt zwischen den einzelnen Bereichen des Umwandlungssektors eine breite Streuung: Während die eher mit der stofflichen Umwandlung von Energieträgern befassten Bereiche wie die Raffinerien, die Brikettfabriken oder die Kokereien Relationen von nahe 100 % oder sogar darüber aufweisen, bewegen sich die Relationen etwa bei Kraftwerken in Größenordnungen zwischen 33 % und knapp 40 %. Eine Besonderheit stellten die Heizkraftwerke dar, deren Relation bei mehr als 100 % liegt; bilanztechnisch ist dies darauf zurückzuführen, dass der energetische Vorteil bei der gekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung der Wärmeseite zugerechnet wird.

(799) Die Struktur des gesamten Umwandlungseinsatzes nach Energieträgern zeigt Abbildung 4-30. Danach entfiel mit 47 % der größte Anteil auf Mineralölprodukte (vornehmlich schlägt hier der Rohöleinsatz in den Raffinerien zu Buche), gefolgt von den Steinkohlen mit 17 %, der Kernenergie mit 15 %, den Braunkohlen mit 13 % und den Gasen mit 6 %; erneuerbare Energiequellen sind lediglich mit etwa 2 % beteiligt.

(800) Nach Sektoren gegliedert sind die Kraftwerke mit gut 45 % und die Raffinerien mit knapp 44 % am stärksten am gesamten Umwandlungseinsatz beteiligt; dagegen fallen alle anderen Bereiche weniger ins Gewicht. Berücksichtigt man jedoch weiterhin die höchst unterschiedlichen Output/Input-Relationen zwischen den Kraftwerken einerseits und den Raffinerien andererseits, so wird ersichtlich, dass die Stromwirtschaft per Saldo den bei weitem größten Anteil am Segment „Verbrauch und Verluste im Umwandlungsbereich“ einnimmt (Tabelle 4-52). Auch deshalb steht bei der Analyse der Potenziale und Optionen im Umwandlungsbereich die Elektrizitätswirtschaft im Vordergrund des Interesses. Der Tabelle 4-53, sind einige Merkmale dieses Sektors zu entnehmen. Danach war der Energieeinsatz zur Stromerzeugung in den neunziger Jahren leicht rückläufig; dabei hat sich die Energieträgerstruktur deutlich verändert: So standen deutlichen Anteilsverlusten der Braunkohlen Anteilsgewinne bei der Kernenergie gegenüber; steigende Anteile wiesen auch die erneuerbaren Energiequellen wie die Gase auf, während sich der Anteil der Steinkohlen im Wesentlichen unverändert bei rund einem Viertel hielt.

Tabelle 4-51

Merkmale des Umwandlungsbereiches bezogen auf den Energieverbrauch und die CO_2-Emissionen: Ist-Entwicklung und Tendenzen unter Referenzbedingungen

	Einheit	1990	1995	2000	Zukünftige Tendenzen	
					2000/2020	2020/2050
Verbrauch und Verluste im Umwandlungssektor[1]	PJ	4 513	3 950	3 886	↓	↓
Anteil am Primärenergieverbrauch	%	30,3	27,7	27,4	↓	↓
CO_2-Emissionen im Umwandlungssektor	Mio. t	440,6	379,2	368,9	↘	↘
Kraftwerke		354,7	320,2	315,2	keine Angaben	
Heizkraftwerke/Fernheizwerke		42,9	29,5	26,5		
übrige Umwandlungsbereiche		43	29,5	27,3		
Anteil der CO_2-Emissionen im Umwandlungssektor an den gesamten energiebedingten CO_2-Emissionen	%	44,6	43,3	43,9	↗	↑

[1] Einschließlich statistische Differenzen.

Quellen: AG Energiebilanzen, Umweltbundesamt, DIW

Tabelle 4-52

Einsatz und Ausstoß im Umwandlungssektor in Deutschland im Jahre 1998 nach Bereichen

	Umwandlungseinsatz[1]		Umwandlungsausstoß		Output/ Input-Verhältnis
	PJ	%	PJ	%	%
Kokereien	385	3,3	396	4,8	102,9
Stein- und Braunkohlenbrikettfabriken	122	1,1	118	1,4	97,0
Öffentliche Wärmekraftwerke[2]	2 839	24,7	1 129	13,6	39,8
Industriewärmekraftwerke	516	4,5	189	2,3	36,7
Kernkraftwerke	1 763	15,3	528	7,0	33,0
Wasserkraftwerke,[3] Wind- und Photovoltaikanlagen	99	0,9	94	1,1	95,2
Öffentliche Heizkraftwerke	272	2,4	295	3,6	108,2
Fernheizwerke	82	0,7	70	0,8	84,6
Hochöfen	162	1,4	176	2,1	108,6
Raffinerien	5 035	43,7	5 004	60,5	99,4
Sonstige Energieerzeuger	237	2,1	223	2,7	94,4
Umwandlungsbereich insgesamt	11 513	100,0	8 276	100,0	71,9
Energieverbrauch im Umwandl.-Bereich insgesamt	572				
Fackel- u. Leitungsverluste	150				

[1] Ohne Verbrauch und Verluste in den Umwandlungsbereichen.

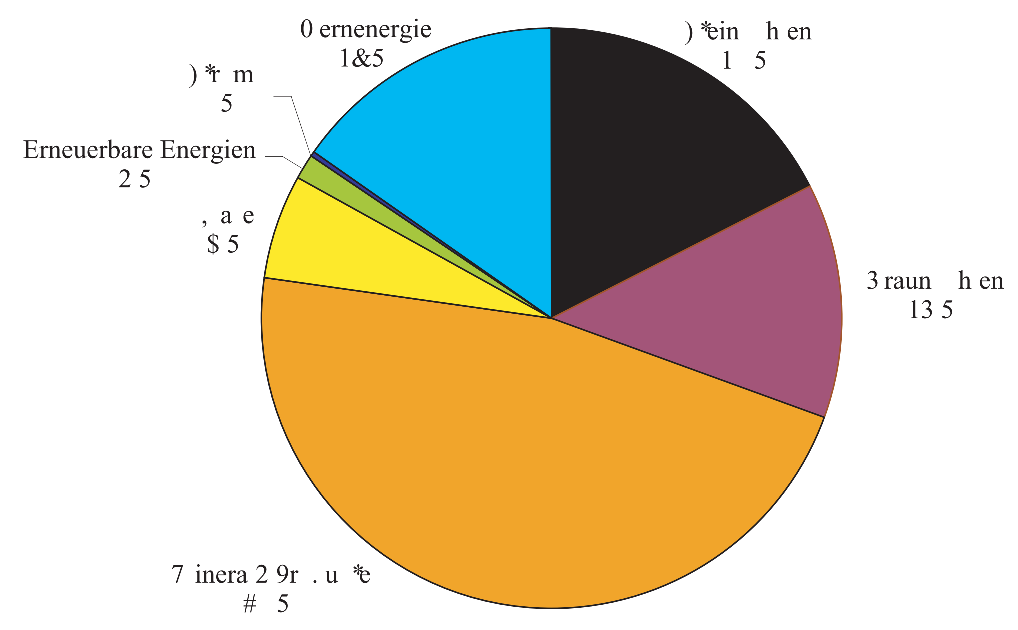
[2] Ohne Heizkraftwerke.

[3] Einschließlich Pumpstromeinsatz in Pumpspeicheranlagen.

Quelle: AG Energiebilanzen

Abbildung 4-30

Energieeinsatz im Umwandlungsbereich in Deutschland im Jahre 1998 nach Energieträgern



Quelle: AG Energiebilanzen

(801) Gemessen an der gesamten Bruttostromerzeugung, die sich von 1990 bis 2000 um etwa 2,4 % erhöht hat, ging der spezifische Brennstoffeinsatz in den neunziger Jahren spürbar, nämlich um rund 5 %, zurück. Dies bedeutet eine Verbesserung des mittleren Nutzungsgrades der Stromerzeugung von 36,5 % (1990) auf 38,4 % (2000).

(802) Die alles in allem noch leicht ansteigende Stromerzeugung bewirkte auch, dass sich deren Anteil an den direkten CO_2-Emissionen insgesamt erhöht hat, und zwar von knapp 36 % (1990) auf 37,5 % (2000). Absolut gesehen sind aber die stromerzeugungsbedingten CO_2-Emissionen in der Periode 1990 bis 2000 um rund 40 Mio. t bzw. um etwa 11 % gesunken, von 1995 bis 2000 um etwa 5 Mio. t – dies entspricht 1,6 %. Ebenfalls rückläufig sind die spezifischen CO_2-Emissionen (bezogen auf die Nettostromerzeugung). Sie gingen von 0,7 kg CO_2/kWh (1990) bis 1995 auf 0,65 kg CO_2/kWh zurück und betrugen im Jahr 2000 0,63 kg CO_2/kWh.

(803) Angesichts der herausragenden Rolle der Stromerzeugung für die Treibhausgasemissionen des Umwandlungssektors beschränken sich die folgenden Ausführungen auf den Kraftwerkssektor.

4.3.5.2 Zeitfenster des Ersatzbedarfs für (fossile und nukleare) Kraftwerkskapazitäten in Deutschland

(804) Aus der langen Lebensdauer des Kapitalstocks im Bereich der Kraftwerke resultieren für Neuinvestitions-Entscheidungen bestimmte Zeitfenster. Diesbezüglich sind für Deutschland erhebliche Unterschiede zwischen den alten und den neuen Bundesländern zu berücksichtigen. In den neunziger Jahren beschränkten sich Neu- und Modernisierungsinvestitionen bei der Stromerzeugung im wesentlichen auf die neuen Bundesländer, während in den alten Bundesländern nur geringe Kapazitäten errichtet wurden. In den neuen Bundesländern bedarf der Kapitalstock im Stromerzeugungssektor für die nächsten 15 bis 20 Jahre keiner wesentlichen Erneuerungsinvestitionen, während für die alten Bundesländern spätestens ab 2010 erhebliche Kraftwerkskapazitäten abgängig sind und durch Ersatzkapazitäten bzw. Stromeinsparungen kompensiert werden müssen.

(805) Die Abbildung 4-31, verdeutlicht dies anhand einer Modellrechnung, die einerseits die Umsetzung der Vereinbarung zum Auslaufen der Kernenergienutzung und andererseits eine Lebensdauer des konventionellen Kraftwerksparks von 35 Jahren – dies ist der bisherige empirische Befund – unterstellt. Selbst wenn man unter den (neuen) Bedingungen liberalisierter Märkte annimmt, dass die wirtschaftliche Attraktivität gering investiver Instandhal-tungsmaßnahmen zu gewissen Lebensdauerverlängerungen von Kraftwerkskapazitäten mit niedrigen Brennstoff- und Betriebskosten führen könnte sowie im Stillegungsprozess zweifellos vorhandene Überkapazitäten[141] abgebaut werden, so werden zwischen 2010 und 2025 Kraftwerkskapazitäten von 40 bis 60 GW neu errichtet werden müssen, sofern der Strombedarf nicht signifikant zurückgeht. Über-

[141] Allein die Verbundunternehmen RWE, E.ON und EnBW haben im Zuge des Abbaus von Überkapazitäten bereits Stillegungen von ca. 12 000 MW angekündigt, dazu Kraftwerke über das gesamte Lastband (Grund-, Mittel- und Spitzenlastkraftwerke) sowie über das gesamte konventionelle Brennstoffspektrum (Braunkohle, Steinkohle, Gas und Mischfeuerungen sowie Kernenergie).

Tabelle 4-53

Merkmale des Stromerzeugungsbereiches bezogen auf den Energieverbrauch und die CO_2-Emissionen: Ist-Entwicklung und Tendenzen unter Referenzbedingungen

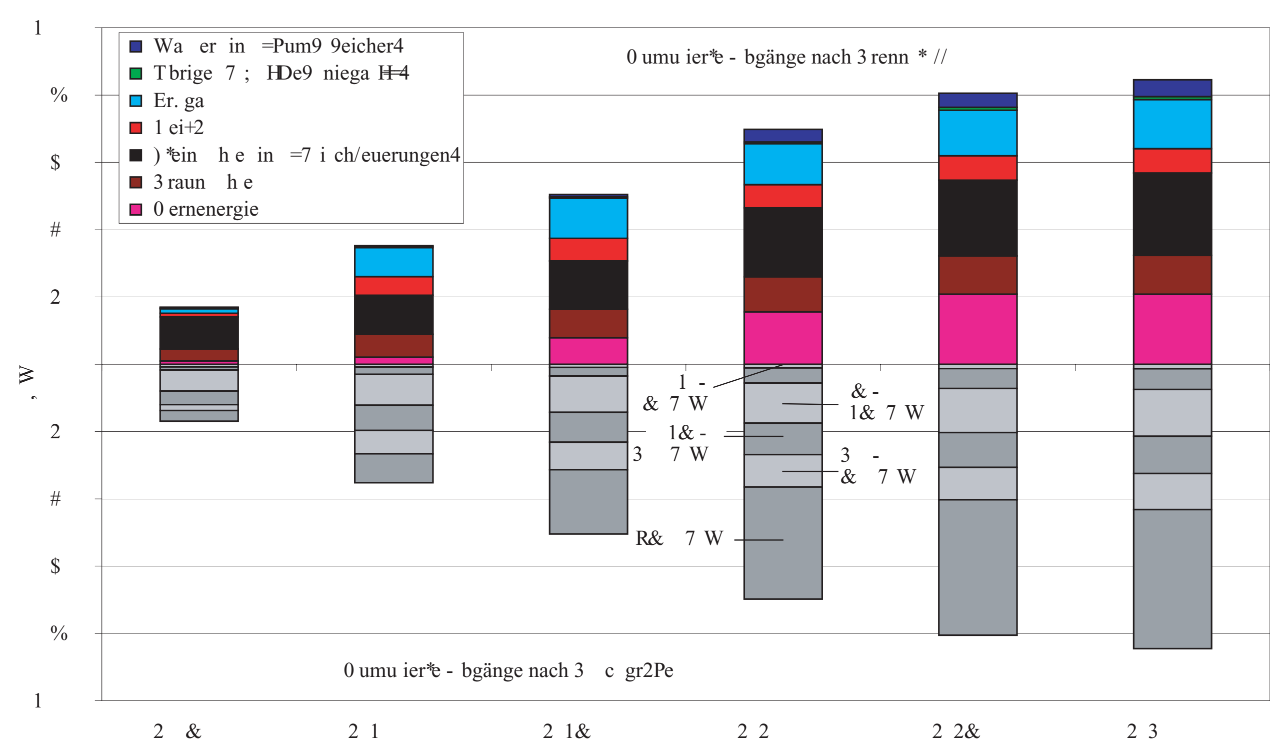
	Einheit	1990	1995	2000	Zukünftige Tendenzen	
					2000/2020	2020/2050
Energieverbrauch	PJ	5 426	5 148	5 273	↓	↓
Steinkohlen	%	23,4	25,9	24	↗	↓
Braunkohlen	%	34,3	29,6	28,8	↗	↘
Mineralölprodukte	%	2	1,4	0,7	↓	↓
Gase	%	8	8,4	8,7	↘	↑
Kernenergie	%	30,6	32,7	35,1	↓	↓
Wasserkraft, Windenergie, PV	%	1,6	2	2,6	↑	↑
Bruttostromerzeugung	TWh	549,9	535,8	563,1	↗	↘
Spezifischer Energieeinsatz zur Stromerzeugung	kj/kWh	9 867	9 608	9 364	↓	↓
Mittlerer Nutzungsgrad	%	36,5	37,5	38,4	↑	↑
CO_2-Emissionen der Kraftwerke[2]	Mio. t	354,7	320,2	315,2	↑	↑
Anteil an den energiebedingten CO_2-Emissionen insgesamt	%	35,9	36,5	37,5	↑	↑

[1] Einschließlich übrige feste Brennstoffe.
[2] Nur Stromerzeugung.

Quellen: AG Energiebilanzen, VDEW, DIW

Abbildung 4-31

Kumulierte Abgänge an Kraftwerkskapazitäten, 2005-2030 nach Energieträgern und Blockgrößen



Quellen: Markewitz, Nollen (1999), FEES (2002), Schätzungen und Berechnungen des Öko-Instituts

wiegend werden die dafür notwendigen Investitionen in den alten Bundesländern anfallen, zur Mitte oder zum Ende der zweiten Dekade werden jedoch auch Entscheidungen zum Ersatz der Anfang der neunziger Jahre modernisierten Braunkohlenkraftwerke der 500 MW-Klasse (mit einer Gesamtleistung von 4 000 MW) im Lausitzer Braunkohlenrevier gefällt werden müssen.

(806) Neben dem Ersatz der auslaufenden Kernkraftwerke – der sich kapazitätsseitig vor allem im Zeitraum 2010 bis 2025 bemerkbar machen wird – werden die abgängigen Kraftwerkskapazitäten zunächst vor allem kleinere Stein- und Braunkohlenkraftwerksblöcke (bis zu 300 MW) betreffen, ab 2015 werden aber in zunehmendem Maße auch größere Kraftwerksblöcke abgängig sein.

(807) Bei einem vollständigen Ersatz der abgängigen Kraftwerkskapazitäten dürften sich die notwendigen Investitionsvolumina allein für den Zeitraum 2010 bis 2020 auf mehr als 30 Mrd. € und im Zeitraum bis 2030 auf 50 bis 60 Mrd. € belaufen. Noch nicht abzusehen ist die Situation, in welchem Umfang die notwendigen Investitionsaktivitäten ausschließlich in Deutschland selbst oder teilweise auch in Nachbarländern stattfinden werden. Vor dem Hintergrund der Erfahrung, dass sich mit der Liberalisierung und Integration der Energiemärkte die Investitionskalküle angleichen und über große Entfernungen der Primärenergietransport im Regelfall wirtschaftlich attraktiver ist als die Stromübertragung, ist jedoch bis auf weiteres davon auszugehen, dass die Investitionen überwiegend in Deutschland erfolgen werden.

(808) Entsprechende Schätzungen für den Zusatz- und Ersatzbedarf in Europa für die nächsten ein bis zwei Dekaden belaufen sich auf etwa 200 bis 300 GW, dies entspricht Investitionen von mehr als 200 Mrd. €.

(809) Sowohl vor dem Hintergrund der langen technischen Lebenszeit als auch der erheblichen Investitionsvolumina bildet der Stromerzeugungssektor eine Schlüsselrolle für eine nachhaltige Ausgestaltung des Energiesystems. Angesichts realistischer Umsetzungszeiträume (Planung, Genehmigung, Errichtung) von 5 bis 10 Jahren werden die Investitionsentscheidungen der nächsten 15 Jahre – zumindest im Bereich der Großkraftwerke – das Niveau der Treibhausgasemissionen im Jahr 2050 maßgeblich bestimmen.

4.3.5.3 Grundsätzliche Möglichkeiten zur Energieeinsparung und Emissionsminderung

(810) Emissionsminderungen im Kraftwerkssektor können mit folgenden Strategien erzielt werden:

- Verminderung der Stromnachfrage,
- Wechsel zu emissionsärmeren oder -freien Energieträgern,
- Erhöhung der Umwandlungseffizienz durch technische Verbesserungen,
- Erhöhung der Umwandlungseffizienz durch neue technische Konzepte (dies schließt nur solche ein, die nicht an die Grenzen des Carnot-Wirkungsgrades stoßen),
- Verbesserung der Umwandlungseffizienz durch Einsatz der Kraft-Wärme-Kopplung,
- CO_2-Abtrennung und -Deponierung.

(811) Die Potenziale und Optionen zur Minderung der Endenergienachfrage werden in den Kapiteln 4.3.1 bis 4.3.4 näher ausgeführt, die Potenziale der erneuerbaren Energien werden im Kapitel 4.3.6 ausführlich beschrieben.

(812) Die Abbildung 4-32 zeigt die Treibhausgasemissionen (CO_2, CH_4, N_2O) verschiedener fossiler Brennstoffe aus einer gesamtsystemaren Perspektive. Dabei werden nicht nur die direkten Emissionen bei der Verbrennung betrachtet, sondern auch diejenigen Emissionen, die bei der Bereitstellung der Brennstoffe insgesamt (Verluste, Emissionen, Energie- und Materialaufwendungen) entstehen.

(813) Die Übersicht verdeutlicht, dass eine solche Betrachtung der Gesamt-Emissionen die Rangfolge der verschiedenen Brennstoffe in Bezug auf die Treibhausgasemissionen nicht verändert, die Vorteile einzelner Energieträger jedoch teilweise kompensiert. Im besonderen Maße trifft dies auf Stein- und Braunkohle zu, deren Emissionen sich vor allem wegen der Methan-Emissionen bei der Steinkohlenförderung (Grubengas) nahezu angleichen. Es bleibt jedoch gleichzeitig darauf hinzuweisen, dass die Emissionen aus der Bereitstellung durch entsprechende Maßnahmen (Verbesserung der Effizienz von Kompressorstationen, Grubengasnutzung) zumindest teilweise gemindert werden können. Entsprechende Maßnahmen werden beispielsweise im deutschen Steinkohlenbergbau bereits im größeren Umfang praktiziert, weitere befinden sich sowohl für die deutsche Kohleindustrie als auch beispielsweise für russische Verdichterstationen (auch als Joint-Implementation-Projekte) in der Vorbereitung bzw. Umsetzung.

(814) Im Ergebnis bildet so hinsichtlich der Substitution fossiler Energieträger vor allem die Ablösung von (Braun- und Stein-)Kohle durch Erdgas eine Option mit signifikanten Treibhausgasminderungen (ca. 40 %).

(815) In den folgenden Abschnitten werden die anderen Schwerpunkt-Optionen zur Minderung der Treibhausgasemissionen aus der Stromerzeugung (technische Verbesserung, neue Konzepte und Kraft-Wärme-Kopplung sowie CO_2-Abtrennung) detaillierter dargestellt.

4.3.5.4 Schwerpunkt 1: Konventionelle Großkraftwerke

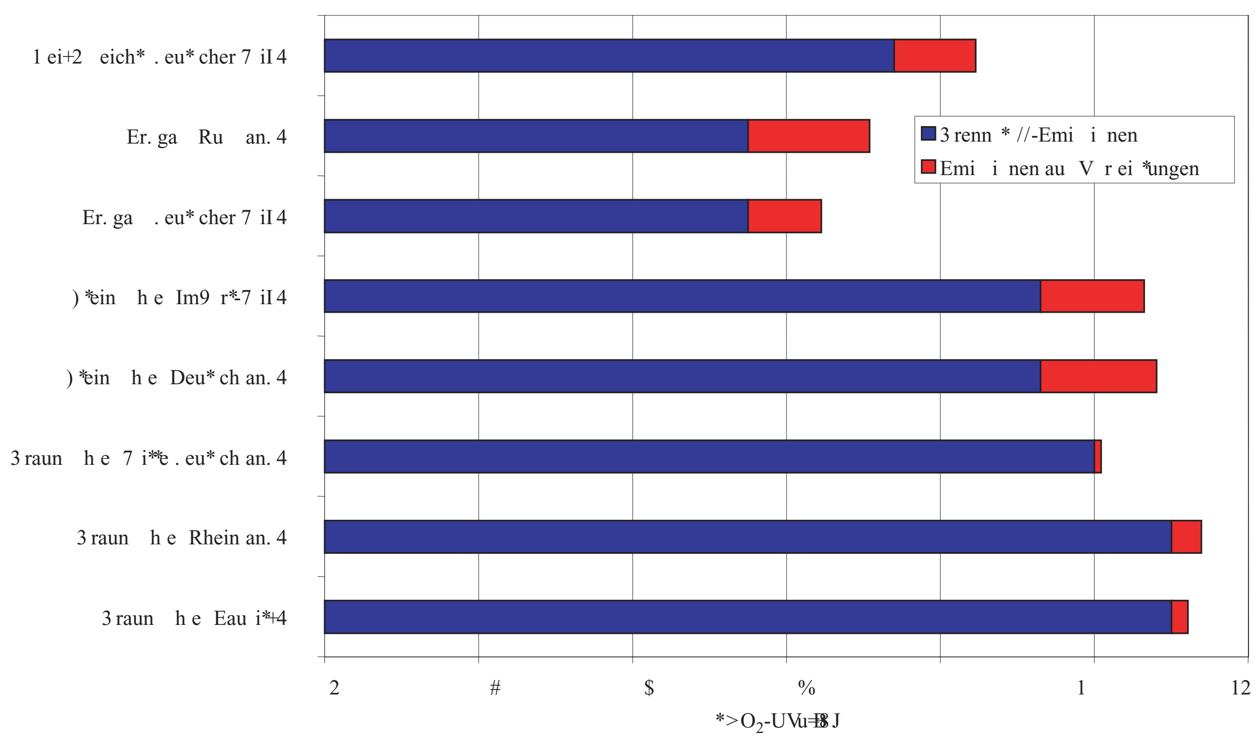
(816) Bereits in der Vergangenheit wurden bei der Effizienzsteigerung konventioneller Kraftwerkstechnologien erhebliche Fortschritte gemacht. Anfang der 60er Jahre lagen die Wirkungsgrade von – vor allem für den Bereich der Kohleverstromung typischen – Dampfturbinen-Kraftwerken bei wenig über 30 %, die Wirkungsgrade von Gasturbinen bei etwa 25 % sowie bei den ersten Kombiprozessen aus Gas- und Dampfturbinen bei etwa 41 %.

(817) Durch Systemoptimierungen, vor allem aber durch neue Materialien und Anlagenkonzepte gelang es in den vergangenen Jahrzehnten, die Wirkungsgrade der Anlagen

Abbildung 4-32



Gesamte Treibhausgasemissionen von Brennstoffen für den Kraftwerkseinsatz



Quelle: Öko-Institut (GEMIS – Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme)

erheblich zu verbessern. Entscheidend dabei war, dass die nutzbaren Temperaturniveaus durch die Verfügbarkeit neuer Werkstoffe wesentlich gesteigert werden konnten.

(818) Bei Anlagenkonzepten mit Gasturbinen können heute Turbinen-Eintrittstemperaturen von mehr als 1 200 °C (ISO) genutzt werden, es werden bei gasgefeuerten Kombiprozessen Kraftwerke mit Wirkungsgraden von fast 58 % gebaut. Aber auch bei Dampfturbinen-Kraftwerken wurden in den 90er Jahren mit dem Übergang zu überkritischen Dampfzuständen erhebliche Effizienzsprünge erreicht (Kraftwerk Staudinger und das baugleiche Kraftwerk Rostock). Dampfturbinen-Steinkohlekraftwerke mit solchen Parametern erreichen heute Wirkungsgrade von etwas über 42 %, bei Seewasserkühlung ca. 45 %. Neueste Kraftwerke dieser Bauart mit optimierter Anlagentechnik können heute Wirkungsgrade von über 47 % erreichen. Entsprechende Braunkohlenkraftwerke erzielen heute Wirkungsgrade von 43 bis 45 %, die jüngsten Kraftwerke in den neuen Bundesländern erreichen – ohne Berücksichtigung von Wärmeauskopplung – ca. 42 %.

(819) Tabelle 4-54 verdeutlicht diese Entwicklung anhand exemplarischer Neubaukraftwerke in Deutschland und Dänemark, die auch im internationalen Raum zur Spitzengruppe zählen.

(820) Neben den beschriebenen Entwicklungen bei den Dampfkraftwerken waren die Kraftwerksinvestitionen der letzten Jahre vor allem durch gas- bzw. ölgefeuerte Kombikraftwerke mit Gas- und Dampf-Prozess (GuD) dominiert. Insbesondere durch erhebliche Fortschritte bei den Gasturbinen und Gesamtoptimierungen erreichen solche Anlagen inzwischen Wirkungsgrade von mehr als 57 %. Während in Deutschland GuD-Anlagen vor allem bei KWK-Anwendungen zum Einsatz kamen, wurde im internationalen Raum eine Vielzahl von GuD-Anlagen auch für die reine Stromerzeugung – d. h. ohne Wärmeauskopplung – errichtet.

(821) Neben einer Weiterentwicklung der heute umfangreich genutzten Kraftwerkskonzepte können zukünftig einige neue Kraftwerkskonzepte eine wichtige Rolle spielen, mit denen sich weitergehende Effizienzerhöhungen und Emissionsminderungen realisieren lassen. Für derartige Verbesserungen wurden teilweise weitreichende Ziele gesteckt. So formuliert der Vision 21-Plan des U. S. DOE u. a. das langfristige Ziel, für Kohlekraftwerke Wirkungsgrade von 58 % zu erreichen und ergasbasierte Systeme mit Wirkungsgraden von 75 % (ohne Berücksichtigung von Wärmeauskopplung) zu entwickeln.[142]

(822) Kasten 4-10 enthält Kurzbeschreibungen der verschiedenen Kraftwerkskonzepte, für die wesentliche Effizienzfortschritte erwartet werden.

(823) ***Dampfturbinen-Kraftwerke*** bilden heute die Basis der Stromerzeugung, vor allem im Bereich der Kohle-

[142] DOE (1999).

Tabelle 4-54

Neue Dampfturbinen-Kohlekraftwerke mit großer Leistung

Brennstoff	Steinkohle				
Standort	Staudinger	Rostock	Avedoere II	KW Westfalen	Endorf
Bruttoleistung	553 MW	553 MW[a]	485 MW	350 MW	543 MW
Betreiber	E.ON	KNG	Energy E 2 (DK)	RWE Energie	RWE Energie/VSE
Inbetriebnahme	1992	1994	2002	–[b]	–[c]
Technologie Umweltschutzstandard	Staubfeuerung/überkritischer Dampferzeuger Rauchgasentschwefelung und -entstickung				
elektr. Nettowirkungsgrad	42,5 %	43,0 %[d]	48,2 %[d, e]	47,5 %	45,1 %
Brennstoff	Braunkohle				
	Mitteldeutschland		Lausitz		Rheinland
Standort	Schkopau	Lippendorf	Schwarze Pumpe	Boxberg	Niederaußem (BoA-1[f])
Bruttoleistung	2x503 MW	2x 933 MW	2x 808 MW	915 MW	950 MW
Betreiber	E.ON/Saale Energie[g]	VE/E.ON/ EnBW	VE	VE	RWE Energie
Inbetriebnahme	1997	1999/2000	1997/1998	2000	2002
Technologie Umweltschutzstandards	Staubfeuerung/überkritischer Dampferzeuger Rauchgasentschwefelung und NO_x-arme Verbrennung				
elektr. Nettowirkungsgrad	40,0 %	42,3 %	41,0 %	41,5 %	45,0 %

a Auskoppelung von 150 MW Wärme
b Projekt kurz vor Baubeginn gestoppt
c Planungen derzeit nicht weiter verfolgt
d Seewasserkühlung (ca. 2 Punkte Wirkungsgradverbesserung)
e für Kohle, bei Brennstoffmix 46%
f Braunkohlekraftwerk mit optimierter Anlagetechnik
g Powergen und NRG Energy

Quellen: BMWi (1999a), DTI (1999), eigene Ergänzungen

verstromung (sowie in Kernkraftwerken). Die Verbesserung der Wirkungsgrade für diese Kraftwerke kann v. a. über die Anhebung der Dampfzustände erzielt werden. Bei modernsten Anlagen werden heute Dampfzustände von bis zu 600°C/300 bar erreicht. Die wesentliche Voraussetzung für eine weitere Anhebung der Dampfparameter besteht in der Verfügbarkeit von Werkstoffen, die den entsprechenden thermischen Beanspruchungen genügen. In der Entwicklung und Erprobung befinden sich derzeit Materialien für Temperaturen bis 650°C. Bei derartigen Temperaturen können Wirkungsgrade von 50 % erzielt werden,[143] entsprechende Anlagen sollen mit Zeithorizont 2010 verfügbar sein.

[143] BMWi (1999a), DTI (1999).

(824) Den nächsten Schritt bildet die Erhöhung der Temperaturen auf bis zu 700°C. Entsprechende Materialien stehen derzeit nicht zur Verfügung, entsprechende Entwicklungen sind (noch) mit hohen Erfolgsrisiken verknüpft. Bei Dampfzuständen von 700°C können Wirkungsgrade von bis zu 55 % erreicht werden, die Verfügbarkeit entsprechender Anlagen wird für den Zeithorizont 2020 erwartet, entsprechende Förderprogramme zur Entwicklung des „700°C-Kraftwerkes“ hat z. B. die EU aufgelegt.

(825) Neben einer Anhebung der Dampfzustände können Effizienzverbesserungen u. a. durch die Verringerung des Eigenbedarfes, Optimierungen am „kalten Ende“ der Dampfturbinen, Optimierungen der Turbinenbeschaufelung, zusätzliche Zwischenüberhitzungen sowie ggf. eine Brennstofftrocknung (vor allem bei Braunkohlenkraftwerken) erzielt werden.

Kasten 4-10

Konzepte für fossile (Groß-) Kraftwerke

Dampfturbinen-Kraftwerke erzeugen Strom über eine von einem Dampferzeuger gespeiste Dampfturbine. In modernsten Anlagen können dabei überkritische Dampfzustände (derzeit bis zu 600°C/300 bar) genutzt werden. Kohlegefeuerte Dampfturbinen-Kraftwerke werden heute überwiegend mit Kohlestaub beschickt.

Gasturbinen nutzen die Abgase von Verbrennungsprozessen. Damit können Temperaturniveaus von derzeit über 1 200°C genutzt werden.

Kombi-Kraftwerke (GuD-Kraftwerk) nutzen das heiße Abgas einer Gasturbine in einem nachgeschalteten Dampfkraftprozess, entweder als Wärmeträger in einem Abhitzekessel oder als vorgewärmte Verbrennungsluft in der Feuerung eines Dampferzeugers. Gegenüber dem reinen Dampfkraftprozess kann durch die Nutzung der Gasturbine ein zusätzliches thermodynamisches Potenzial zur Steigerung des Anlagenwirkungsgrades erschlossen werden. GuD-Kraftwerke werden heute vor allem mit Gas oder Heizöl betrieben.

Kombikraftwerke mit druckaufgeladener Wirbelschichtfeuerung (DWSF) kombinieren die Wirbelschichtfeuerung mit einer Gasturbine und anschließender Nutzung der Abwärme im Dampfkraftprozess. Teilweise tritt bei neueren Anlagenkonzepten neben die Wirbelschichtverbrennung auch eine Teilvergasung des Brennstoffs. Für die Nutzung der Verbrennungsabgase in der Turbine ist eine spezielle Rauchgasreinigung erforderlich.

Kombikraftwerke mit integrierter Vergasung (IGCC – Integrated Gasification Combined Cycle) nutzen für den GuD-Prozess ein Brenngas, das über die Vergasung von Kohle erzeugt wird, wobei unterschiedliche Vergasungstechnologien genutzt werden. Auch hier ist eine spezielle Rauchgasreinigung erforderlich.

Kombikraftwerk mit Druckkohlenstaubfeuerung (DKSF) nutzen für den Kombiprozess die Abgase aus der Flugstromverbrennung von Kohlenstaub bei Überdruck. Die Rauchgasreinigung erfolgt teilweise vor und teilweise hinter der Gasturbine.

Brennstoffzellen-Kraftwerke basieren auf der „kalten Verbrennung“; durch elektrochemische Oxidation einer leicht oxidierbaren Substanz (Wasserstoff, Methanol, Erdgas, Biogas, Kohlegas etc.) mit einem Oxidationsmittel (Luft oder Sauerstoff) wird die chemische Energie direkt in elektrischen Strom umgewandelt. Hochtemperatur-Brennstoffzellen können auch mit Erd-, Bio- und Kohlegas betrieben sowie mit Gasturbinen zu Kombiprozessen erweitert werden. Das Leistungsspektrum für energiewirtschaftliche Anwendungen beträgt von wenigen Kilowatt bis zu mehreren hundert Megawatt (vgl. Kapitel 4.3.5.6).

(826) Der große Vorteil von verbesserten Dampfkraftwerken besteht vor allem darin, dass es sich bei Dampfkraftwerken grundsätzlich um eine eingeführte Technologie mit umfassenden Betriebserfahrungen, hervorragender Verfügbarkeit, guter Teillast-Effizienz sowie vergleichsweise niedrigen Kosten handelt. Vor allem diese Aspekte haben dazu beigetragen, dass – anders als noch Ende der 80er Jahre erwartet – im Bereich der Kohleverstromung bisher kein Übergang zu neuen Kraftwerkskonzepten (siehe unten) erfolgte, sondern ein eher evolutionär-optimierender Ansatz verfolgt wurde. Dampfturbinenkraftwerke mit Kohlefeuerungen werden vor allem für die Anlagenklasse 300 bis 600 MW diskutiert, aber auch größere Blockgrößen (z. B. für Braunkohle 800 bis 1 000 MW) werden entwickelt. Für überkritische Kohlekraftwerke müssen heute Investitionskosten von ca. 1 300 €/kW in Ansatz gebracht werden. Solche Kosten sind zwar prinzipiell um 3 bis 10 % höher als diejenigen für unterkritische Kraftwerke (mit entsprechend niedrigeren Wirkungsgraden), liegen aber durchaus in der Bandbreite standortspezifischer Kostenschwankungen.[144] In der Perspektive (nach 2015) dürften die Kosten für superkritische Kraftwerke ca. 900 bis 1 000 €/kW betragen (einschließlich Bauherreneigenleistungen). Für entsprechende Braunkohlekraftwerke sind die Wirkungsgrade jeweils um ca. 2 bis 3 Prozentpunkte niedriger als die Werte für Steinkohlenkraftwerke, die spezifischen Kosten sind um 15 bis 25 % höher.

(827) Eine Schlüsselkomponente für neue Kombikraftwerkskonzepte bilden Gasturbinen. Diese haben in den letzten Jahren einen erheblichen Entwicklungsschub erfahren. Derzeit werden hier Wirkungsgrade von 38 % (im offenen Prozess) erreicht. Mit optimiertem Design der Turbinenschaufeln, der Optimierung des Strömungskanals sowie durch bessere Kühlverfahren und hochwarmfeste Werkstoffe kann die Turbineneintrittstemperatur weiter erhöht werden, so dass elektrische Wirkungsgrade von bis zu 45 % erreicht werden. Die stromwirtschaftliche

[144] DTI (1999).

Bedeutung von derart verbesserten Gasturbinen wird sich jedoch weniger durch Gasturbinen an sich, sondern vielmehr durch die Einbindung von effizienteren Gasturbinen in GuD-Prozesse ergeben.[145]

(828) ***Erdgas- und ölgefeuerte Kombikraftwerke*** (GuD-Kraftwerke) erreichen heute – ohne Berücksichtigung der möglichen Wärmeauskopplung – Wirkungsgrade von ca. 58 %. Durch Anlagenoptimierungen und verbesserte Gasturbinen kann hier in den nächsten 20 Jahren mit Verbesserungen auf über 60 % gerechnet werden. In der Langfrist-Perspektive wird die technische Machbarkeit von GuD-Kraftwerken mit Wirkungsgraden von 70 % und mehr erwartet. Die Kosten für GuD-Kraftwerke liegen inklusive Bauherreneigenleistungen bei ca. 500 €/kW.

(829) Mit der Nutzung des Kombiprozesses für die Kohleverstromung können auch für diesen Bereich erhebliche Wirkungsgradverbesserungen gegenüber der heute eingesetzten Technik erzielt werden. Im Vergleich mit modernsten überkritischen Anlagen ergeben sich geringe Wirkungsgradverbesserungen. Eine erste Möglichkeit dafür bildet das ***IGCC-Konzept mit integrierter Kohlevergasung.*** Weltweit wurden hier in den achtziger und neunziger Jahren des letzten Jahrhunderts eine Reihe von Prototypanlagen errichtet, davon zwei in Europa (Puertollano in Spanien sowie Buggenum in den Niederlanden). Für dieses Kraftwerkskonzept sind die Fortschritte der GuD-Entwicklung unmittelbar nutzbar, die wesentlichen Probleme ergeben sich für dieses Konzept aus der Integration der Kohlevergasung und aus den Betriebsanforderungen. So bestehen weiterhin Fragen bezüglich der Zuverlässigkeit sowie der Betriebsflexibilität, v. a. im Bereich des Anfahrens und von Lastwechseln. In Verbindung mit den höheren Kosten (ca. 20 bis 30 % über denen konventioneller Kohlekraftwerke) haben diese Faktoren dazu geführt, dass bei Investitionsvorhaben in Deutschland in den letzten Jahren überkritischen Dampfkraftwerken stets der Vorrang vor IGCC-Anlagen gegeben worden ist (z. B. BoA bzw. BoA+ anstelle von KOBRA).

(830) Die großen Vorteile der IGCC-Technologie bestehen in ihren mittel- und langfristigen Entwicklungspotenzialen. So bestehen für IGCC-Anlagen größere Verbesserungspotenziale hinsichtlich der Wirkungsgrade. Derzeit können Wirkungsgrade von ca. 52 % erreicht werden, in der Perspektive ergeben sich weitere Verbesserungspotenziale von bis zu 55 % (2010) und 60 % (nach 2020). Die Technologie ist auch für andere Brennstoffe geeignet (z. B. Biomasse, Abfälle, Öl und Petrolkoks) und bietet schließlich eine interessante Option für die CO_2-Abtrennung, die flexible Produktion chemisch nutzbarer Gase (vor allem Synthesegase) und die Wasserstoffproduktion (vgl. Kapitel 4.3.4.6.2).

(831) Die bisher errichteten Prototypanlagen erreichen Blockgrößen von 100 bis 300 MW, Anlagengrößen bis 500 MW sind absehbar. Die Investitionskosten lassen sich heute mit ca. 1 600 €/kW abschätzen, in der Perspektive werden Kosten von unter 1 200 €/kW (inklusive Bauherreneigenleistungen) erwartet.

(832) ***Wirbelschichtfeuerungen*** sind in den letzten Jahrzehnten in verschiedensten Ausprägungen (stationäre oder zirkulierende, atmosphärische oder druckaufgeladene bzw. entsprechende Kombinationen) errichtet worden. In Bezug auf Effizienzsteigerungen ist vor allem die druckaufgeladene stationäre Wirbelschichtfeuerung (DWSF) mit Kombiprozess relevant, für die in Deutschland mit dem HKW Cottbus (72 MW, 40 % Wirkungsgrad) eine erste kommerzielle Anlage errichtet wurde. DWSF-Anlagen der zweiten Generation (mit Teilvergasung) befinden sich in der Entwicklung. Die Blockgrößen bei den Demonstrationsanlagen lagen bei 150 bis 350 MW, die Steigerung auf Blockleistungen von 500 bis 600 MW wird derzeit untersucht. Mit dem Zeithorizont 2015 wird hier ein Wirkungsgradpotenzial von ca. 55 % angegeben,[146] wobei auch hier wieder die Entwicklungsfortschritte im Bereich der GuD-Kraftwerke eine wichtige Rolle spielen werden. Die druckaufgeladene zirkulierende Wirbelschichtfeuerung lässt ebenfalls Effizienzverbesserungen erwarten, entsprechende Konzepte befinden sich aber noch in einem frühen Entwicklungsstadium. Erste größere Anlagen dürften bis 2020 errichtet werden, die Verfügbarkeit kommerzieller Anlagen ist jedoch noch nicht abzusehen.[147]

(833) Die größten Probleme für die DWSF entstehen aus der Komplexität der Anlagen. Technologische Herausforderungen bestehen u. a. in Bezug auf geeignete Turbinen für größere Anlagen, die Heißgasreinigung sowie die Integration einer Vergasungseinheit.[148] Zudem werden in unterschiedlichen Regionen verschiedene Strategien verfolgt. Während in Europa und Japan vor allem das Konzept der stationären DWSF verfolgt wird, konzentrieren sich die Arbeiten in den USA vor allem auf die zirkulierende DWSF.[149]

(834) Die spezifischen Kosten für realisierte Kraftwerke mit druckaufgeladener stationärer Wirbelschichtfeuerung betragen ca. 1 300 €/kW (mit Bauherreneigenleistung). Die Investitionskosten für DWSF-Kraftwerke der zweiten Generation sind aufgrund des frühen Entwicklungsstadiums nur schwer abzuschätzen, Annahmen für 2010 liegen bei ca. 800 €/kW.[150]

(835) Ein neues Konzept wird mit der Entwicklung von ***Kombikraftwerken mit Druckkohlenstaubfeuerung*** vorangetrieben, wobei sich die Arbeiten hierzu noch im Grundlagenbereich vollziehen. In Betrieb befinden sich

[145] Verbesserungen der Wirkungsgrade von Gasturbinen können auch durch prozessseitig optimierte Kreisprozesse erzielt werden, z. B. den Einsatz von Rekuperatoren, oder den STIG-Prozess (Dampfeinspritzung). Solche Technologien sind funktionsfähig und erprobt; sie führen zu Wirkungsgraden größer 45 %. In der Praxis haben sie sich jedoch nicht durchgesetzt, da es letztlich meist attraktiver ist, an Stelle solcher Gasturbinen eine GuD-Anlage zu bauen.

[146] BMWi (1999a).

[147] BMWi (1999a), DTI (2000a).

[148] BMWi (1999a), DTI (2000a).

[149] DTI (2000a).

[150] Hassmann (2001).

bisher nur kleine Versuchsanlagen. Vorstellbar sind Blockleistungen von 100 bis 400 MW. Es werden Wirkungsgrade von 55 % für den Zeithorizont 2015 erwartet. Bei der Verfügbarkeit verbesserter Gasturbinen wird mit Werten von ca. 60 % gerechnet.[151]

(836) Das vergleichsweise einfache Anlagenkonzept und die geringe Baugröße können dazu führen, dass sich relativ niedrige Investitionskosten ergeben. In der Anlagenklasse von 400 MW werden für 2015 – bei potenziell hohen Wirkungsgraden – Investitionskosten von unter 860 €/kW (inklusive Bauherreneigenleistung) angenommen. Es besteht jedoch noch ein erheblicher Entwicklungsbedarf (vor allem in Bezug auf die Heißgasreinigung) und ein nicht zu unterschätzendes Erfolgsrisiko.

(837) Abbildung 4-33 zeigt die bereits erzielten sowie die erwartbaren Effizienzverbesserungen für die verschiedenen Kraftwerkskonzepte in Abhängigkeit von der oberen Prozesstemperatur als maßgeblichem Parameter.

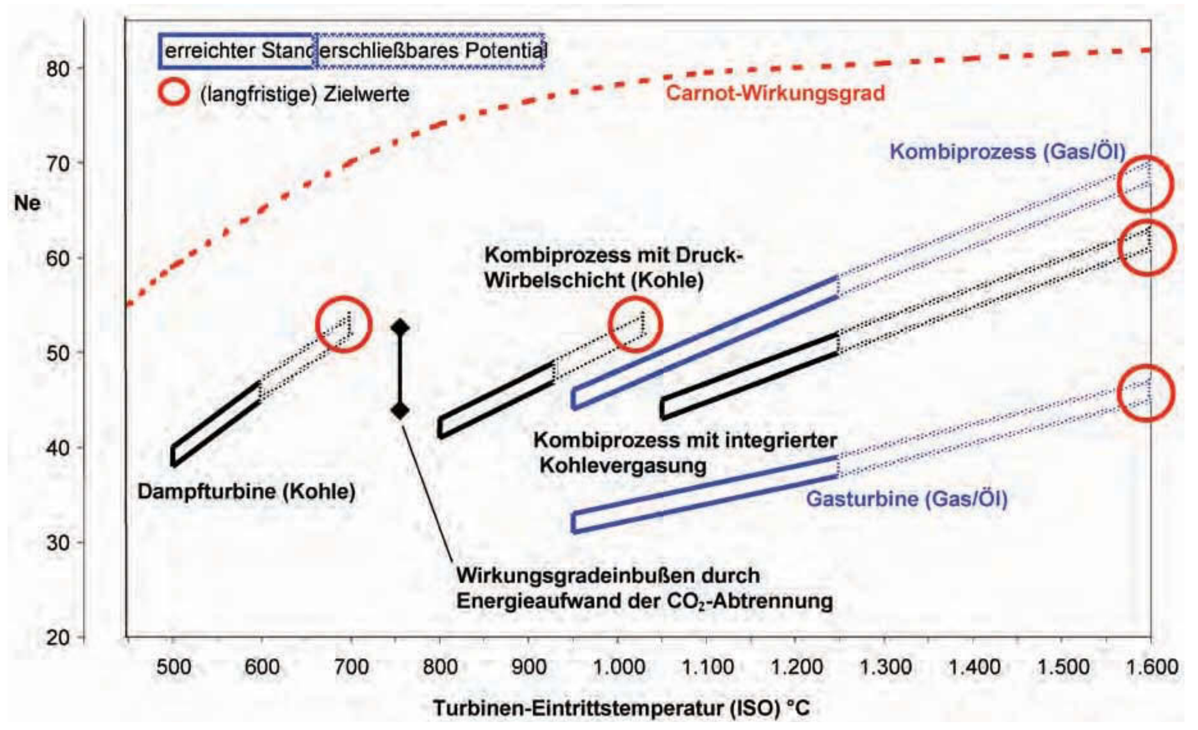
(838) Im Bereich der konventionellen Großkraftwerke sind so – zunächst ohne Betrachtung der Möglichkeiten zur Wärmeauskopplung – auch in Zukunft noch erhebliche Wirkungsgradsteigerungen zu erwarten. Mit den für die nächsten 20 Jahre absehbaren Kraftwerkskonzepten kann die Effizienz der Anlagen gegenüber dem heute modernsten Stand noch einmal um etwa ein Fünftel gesteigert werden.

(839) Ohne Zweifel wird dabei Kombiprozessen eine besondere Bedeutung zukommen. Während die Weiterentwicklung der GuD-Technik im Bereich der Gas- und Ölverstromung zweifelsohne eine herausragende Rolle einnehmen kann, ist im Bereich der Kohleverstromung noch nicht abzusehen, welche Entwicklungslinie sich längerfristig durchsetzen wird. Aus Sicht der Betreiber ist damit zu rechnen, dass evolutionär weiterentwickelte Dampfkraftwerke mit Kohlenstaubfeuerung aus Gründen der Betriebserfahrungen, der guten Zuverlässigkeit und hohen Flexibilität eine erste Präferenz erhalten werden. In Konkurrenz gegen diese Strategie und gegen die anderen innovativen Kraftwerkskonzepte im Bereich der Kohleverstromung kann die Einführung fortgeschrittener Kraftwerkskonzepte vor erheblichen Problemen stehen. Bisher ist kein Konzept zu erkennen, dass hinsichtlich seiner technischen und betrieblichen Parameter sowie der Kostensituation eine eindeutige Richtungsentscheidung ermöglicht.

(840) Hinsichtlich ihrer Flexibilität für mittel- und langfristige energiewirtschaftliche Strategien (Brennstoffflexibilität, ggfs. Eignung für CO_2-Abscheidung etc.), aber auch der grundsätzlichen Verfügbarkeit aller Kernkomponenten

Abbildung 4-33

Wirkungsgradverbesserungen bei verschiedenen Kraftwerkstechnologien



Quelle: AG Turbo, Öko-Institut

151 BMWi (1999a), Hassmann (2001).

– mit Ausnahme der Heißgasreinigung – stellen vor allem IGCC-Kraftwerke eine besonders interessante Option dar. Gegen diese Option sprechen jedoch bisher noch eine Reihe technischer Probleme sowie die (noch) nicht zufriedenstellenden Betriebseigenschaften und die vergleichsweise hohen Kosten.

(841) In jedem Fall werden große Forschungsanstrengungen notwendig werden, um die Realisierung fortgeschrittener Kraftwerkskonzepte voranzutreiben (Entwicklung und Erprobung neuer leistungsfähigerer Werkstoffe und Messverfahren, Entwicklung einzelner Komponenten, Systemintegration und -optimierung). Es bleibt jedoch auch darauf hinzuweisen, dass viele Kraftwerkskonzepte mit nochmals wesentlich verbesserten Wirkungsgraden im Grundsatz erst mit einem Zeithorizont nach 2015, unter Berücksichtigung der Planungszeiträume erst nach 2020 verfügbar sein werden.

(842) Tabelle 4-55 zeigt die für die Szenarien verwendeten Kostendaten für fossile Großkraftwerke in der Übersicht.[152]

(843) Es soll jedoch darauf hingewiesen werden, dass die Entwicklung der Investitionskosten marktabhängig ist. Es kommen noch die Bauzinsen hinzu, die in Abhängigkeit von Bauzeit und Kalkulationszinssatz 5 bis 12 % der Investitionssumme betragen.

(844) In Bezug auf Forschung, Entwicklung, Demonstration und Markteinführung resultiert die Notwendigkeit einer zweistufigen Strategie:

– Die Entwicklung einer ersten Generation von marktfähigen Kraftwerken (evolutionäres Prinzip) mit deutlichen Wirkungsgradvorteilen gegenüber den derzeit bestehenden Anlagen, die 2010 einsatzfähig ist. Dies erfordert einen schnellen Beginn mit der Konzeptphase.

– Langfristige F+E-Anstrengungen zur Entwicklung einer 2. Generation, die einen erheblichen Sprung bei den Wirkungsgraden (deutlich oberhalb 50 %) ermöglicht. Hierfür erscheint zur Bündelung der Kräfte mittelfristig eine – auch international/EU-weit abgestimmte – Konzentration auf ein innovatives Kraftwerkskonzept erforderlich.

(845) Bei den entsprechenden Entscheidungen müssen – auch und vor allem aus der Perspektive einer nachhaltig-zukunftsfähigen Entwicklung – veränderte Anforderungen berücksichtigt werden:

– hohe Wirtschaftlichkeit und Verfügbarkeit (als wesentliche Anforderungen aus der Liberalisierung)

– hinreichende Flexibilität (z. B. auch hinsichtlich der Brennstoffe)

– stärkere Ausrichtung der Konzepte auf die Exportmärkte (Eignung, Bezahlbarkeit in anderen Regionen/Ländern – auch im Spannungsfeld zu erreichbaren Spitzen-Wirkungsgraden)

– weitreichende öffentliche Akzeptanz

(846) In jedem Fall kommt der Errichtung einer Demonstrationsanlage eine besondere Bedeutung zu, mit der der Einstieg in fortgeschrittene Kohlekraftwerks-Konzepte vorangetrieben werden kann.

(847) Schließlich sind eine ganze Reihe von F+E-Themen aus dem Bereich der fossilen Kraftwerke (Gasturbinentechnik, Vergasung etc.) auch für die Nutzung der erneuerbaren Energiequellen (vor allem Biomasse) relevant und ertragreich.

Tabelle 4-55

Kostenprojektionen für fossile (Groß-) Kraftwerke

		Max. Stromerzeugung (netto)	Nutzungsdauer	Spezifische Investitionen mit Bauherren-Eigenleistungen, ohne Bauzinsen			
				2000	2010	2020	2030
		MW	a	€/kW			
Steinkohle	Kondensations-KW mit:	700	35	1 175	1 075	950	925
		500	35	1 300	k. A.		
	int. Kohlevergasung,	650	30	1 600	1 350	1 225	1 200
	int. Kohlevergasung, CO_2-Abscheidung	275	25	2 375	1 950	1 775	1 700
Braunkohle	Kondensations-KW	965	35	1 300	1 250	1 200	1 150
Erdgas	GuD-KW	650	30	525	425	400	375

[152] Das Kohlekraftwerk mit integrierter Kohlevergasung steht hier – vor allem in der zeitlichen Perspektive – stellvertretend für fortgeschrittene Kohlekraftwerke (zur CO_2-Abscheidung vgl. Kapitel 4.3.5.7).

4.3.5.5 Schwerpunkt 2: Kernkraftwerke

(848) In Deutschland werden heute 19 Kernkraftwerksblöcke mit einer Nettoleistung von 21 283 MW betrieben. Im Laufe der Jahre wurden 17 Blöcke – nach sehr unterschiedlichen Betriebszeiten – mit einer Nettoleistung von 4 964 MW stillgelegt. Das älteste noch in Betrieb befindliche Kernkraftwerk wurde am 29. Oktober 1968 erstmals mit dem Netz synchronisiert, das jüngste in Betrieb befindliche Kernkraftwerk ging am 3. Januar 1989 ans Netz.

(849) Der Anteil der Kernenergie am gesamten Primärenergieverbrauch liegt derzeit bei knapp 13 %, der Beitrag zur Nettostromerzeugung beläuft sich auf ca. 30 %.

(850) Am 27. April 2002 ist in Deutschland die Novelle des Atomgesetzes in Kraft getreten, mit der unter anderem die Laufzeit der bestehenden Kernkraftwerke in Deutschland beschränkt wird und nach der keine Genehmigungen für die Neuerrichtung von Kernkraftwerken mehr erteilt werden.

(851) Die Begründung für dieses Gesetz markiert auch die wesentlichen Diskussionspunkte aus der Auseinandersetzung um die Kernenergienutzung:

– das „Restrisiko“ der Kernenergienutzung bei hohem Schadensausmaß, die nicht vollständig auszuschließende Möglichkeit von Unfällen mit umfangreichen Freisetzungen radioaktiver Stoffe,

– die Risiken bzw. die ungelösten Fragen der Entsorgung und der Wiederaufarbeitung bestrahlter Brennelemente,

– die Transporte abgebrannter Brennelemente und die Errichtung von Zwischenlagern an den Kraftwerksstandorten,

– die Gefahr des Missbrauchs von Kernbrennstoffen.

(852) Die Bewertung der Kernenergie in Bezug auf diese drei Aspekte ändert sich auch im Licht derzeitiger und absehbarer Entwicklungen im internationalen Raum nicht.

(853) Diejenigen Reaktor-Entwicklungen, die für (West-) Europa relativ weit zur Umsetzungsreife gebracht wurden, sind letztlich evolutionäre Konzepte auf der Basis vorhandener Reaktorbaulinien, so z. B. der Europäische Druckwasserreaktor (EPR) oder der Siedewasserreaktor SWR-1 000.[153] Auch gänzlich andere Reaktorkonzepte wie der Hochtemperaturreaktor, dessen Einsatz derzeit vor allem in Südafrika diskutiert wird, sind evolutionäre Weiterentwicklungen und weisen die gleichen Sicherheits- bzw. Risikomerkmale wie ihre Vorgängermodelle auf.

(854) Zwar weisen diese evolutionär weiterentwickelten Reaktoren eine verbesserte Brennstoffausnutzung (höherer Brennstoffabbrand, bessere Anlageneffizienz etc.) und verbesserte Betriebseigenschaften auf, die in der Vergangenheit umfangreich diskutierten strittigen Punkte zur Reaktorsicherheit bleiben jedoch im Grundsatz unverändert,[154] gleiches gilt für die Entsorgungsdebatte.

(855) Die derzeitige Entwicklung immer größerer Reaktorblöcke, mit denen die Kostenprobleme der Kernkraftwerke gelöst werden sollen (angestrebt werden inzwischen Blockgrößen von teilweise über 1 700 MW), laufen weiterhin – ungeachtet der fortbestehenden Sicherheitsprobleme – deutlich gegen die Markterfordernisse, insbesondere im internationalen Kontext. Die Umorientierung des südafrikanischen Stromversorgers ESKOM von konventionellen Druckwasserreaktoren der 900 MW-Klasse zum HTR mit einer Leistung von 110 MW,[155] aber auch die strategischen Planungen von KKW-Herstellern im asiatischen Raum[156] markieren deutlich den Bedarf an kleineren Kraftwerksblöcken.

(856) Für die Szenarienerstellung bilden die Kosten von Kernkraftwerken einen wichtigen Schlüsselparameter für diejenige Variante, in der von einem Auslaufen der Kernenergienutzung abgesehen werden soll.

(857) Insbesondere wenn als Sicherheitsanforderung definiert wird, dass die Folgen von Störfällen selbst mit niedrigster Eintrittswahrscheinlichkeit auf das Kraftwerksgelände beschränkt bleiben müssen,[157] so ist mit den Ereignissen des 11. September 2001 eine neue Sachlage entstanden. Diese werden ihren Niederschlag in den entsprechenden Regelwerken der Reaktorsicherheit finden und zweifellos zu einer Erhöhung der Sicherheitsanforderungen und letztlich auch der Kosten führen, ohne dass deren Dimension heute bereits absehbar wäre. Darüber hinaus können weitergehende wirtschaftliche Konsequenzen aus dem Bereich der Haftung (vgl. Kapitel 3.3.2) entstehen.

(858) Unterstellt man die ***empirischen Kostendaten*** bei KKW, die den erhöhten Sicherheitsanforderungen noch nicht genügen mussten, so ergeben sich bei Leichtwasserreaktoren z. B. nach OECD[158] Investitionskosten von meist 2 000 €/kW und darüber.

(859) Für die Zukunft werden im Energiereport III[159] durchgängig Kosten von 1 800 €/kW unterstellt. Die

[153] Der EPR wird wie der SWR-1 000 vom Hersteller Framatom ANP angeboten. In der ursprünglichen Basisauslegung war für den EPR eine Leistung von 1 550 MW vorgesehen, die Ausweitung der Kapazität auf 1 760 MW ist aus Kostengründen geplant. Weitere Reaktorkonzepte, deren Einsatz derzeit in Europa (Finnland, Großbritannien) diskutiert wird sind der AP 1 000 (Westinghouse, 1 000 MW), BWR 90+ (Westinghouse Atom, Siedewasserreaktor mit 1 500 MW), EABWR (General Electric, Siedewasserreaktor mit 1 400 MW) sowie WWER 91/99 (Atomstroyexport, Druckwasserreaktor mit 1 000 MW).

[154] Vergleiche dazu Enquete (1990, 1995), zur neueren Debatte siehe beispielsweise Schaper und Schmidt (1999), Gottschalk-Mazouz u.a. (2001), Lymann (2001).

[155] ESKOM: http://www.eskomenterprises.co.za/main/Casestudies/Building/pbmr.htm, http://www.eskom.co.za, http://www.pbmr.co.za.

[156] Moriya u. a. (2001).

[157] Vergleiche dazu § 7 Abs. 2a des alten Atomgesetzes: „wenn auf Grund der Beschaffenheit und des Betriebs der Anlage auch Ereignisse, deren Eintritt durch die zu treffende Vorsorge gegen Schäden praktisch ausgeschlossen ist, einschneidende Maßnahmen zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlen außerhalb des abgeschlossenen Geländes der Anlage nicht erforderlich machen würden“.

[158] OECD (1998).

[159] Prognos/EWI (1999a).

OECD[160] gibt die gesamten Investitionskosten eines EPR (FOAK – first-of-a-kind) mit ca. 1 700 €/kW an. In den Diskussionen zur Errichtung eines neuen Kernkraftwerksblocks in Finnland wurden Investitionskosten von 1 750 €/kW unterstellt, die in der jüngsten energiepolitischen Diskussion in Großbritannien vorgelegten Daten für neue KKW[161] lassen auf Investitionskosten in der Größenordnung von 1 700 bis 2 000 €/kW schließen. In den Wirtschaftlichkeitsstudien zur Kernenergie in Frankreich wurden Investitionskosten von 1 800 €/kW (2020) bzw. 1 400 €/kW (ab 2030) unterstellt.

(860) Die bisher herstellerseitig genannten Kostenangaben für den EPR markieren dagegen vor allem diejenigen Benchmarks, bei denen angenommen wird, dass der EPR zu anderen Kraftwerkstypen konkurrenzfähig wird. Ob diese Kosten auch praktisch erreicht werden können und ob mit diesem Kostenrahmen die Begrenzung der Folgen großer Störfälle auf das Kraftwerksgelände mit den geplanten Maßnahmen auch wirklich nachgewiesen werden kann, bleibt derzeit Hypothese, muss aber nach heutigem Erkenntnisstand bezweifelt werden.

(861) Darüber hinaus ergibt sich die Frage, welche Kostensenkungen bei KKW ggfs. durch Serienfertigungen erzielt werden können. Aus einer breiteren Marktdurchdringung resultierende Kostensenkungen für Kernkraftwerke liegen im empirischen Vergleich erheblich unter denen anderer Energietechnologien,[162] auch für zukünftige Entwicklungen kann dies mit hoher Plausibilität unterstellt werden.

(862) Die OECD[163] führt bezüglich der Kostenreduktionen durch Serienfertigung folgendes aus: *„The ordering of two units at the same time and with a construction interval of at least twelve months will result in a benefit of approximately 15 % for the second unit. If the second unit is part of a twin unit the benefit for the second unit is approximately 20 %. The ordering of additional units in the same series will not lead to significantly more cost savings. The standardization effect for more than two units of identical design is expected to be negligibly low."* Praktisch dürften damit durch eine etwaige Serienfertigung allenfalls Kostensenkungen von 7,5 bis maximal 15 % zustande kommen.

(863) Angesichts der insgesamt so schwerwiegenden Unsicherheiten erscheinen selbst in ehrgeiziger Schätzung für den EPR allenfalls Investitionskosten von 1 800 €/kW und eine ambitionierte Kostendegression von allenfalls 10 % (ca. 1 625 €/kW) gerechtfertigt und werden – als ambitionierte Schätzung – für die Szenarien angenommen.

(864) Unter Marktbedingungen kann natürlich nicht ausgeschlossen werden, dass die realen Werte bei den Investitionskosten – möglicherweise erheblich – über diesen Werten liegen (eher 2 000 bis 2 500 €/kW) und die erzielbaren Kostendegressionen durch Serienfertigung nur unter 10 % betragen.

(865) Zu den genannten Investitionskosten addieren sich noch die Kosten für die Bauzinsen, die je nach unterstellter Bauzeit und angesetztem Kalkulationszinssatz zwischen 10 und 20 % der Investitionssumme liegen.

Kasten 4-11

Lernkurveneffekte bei Kernkraftwerken

Additional learning processes such as feedback from operational experience into innovation and future design are likely to be slower for nuclear power than for renewables for four reasons:

– Nuclear power is a relatively mature technology with a 50-year history of development, and this means that dramatic 'technological stretch' is less likely than for newer technologies.

– The relatively long lead times for nuclear construction and commissioning mean that improvements derived by feeding back information from operating experience on the first units are necessarily slower.

– The fact that individual nuclear designs need safety licenses, which are not available quickly, means that large improvements in design resulting from operating experience take time to incorporate into the next generation of plant.

– The scope for economies of large-scale manufacturing production is less in the nuclear case, where components are large and production runs short (even in series build), than for renewables, where there may be thousands of units built.

Quelle: PIU (2002)

[160] OECD (2000).

[161] PIU (2002).

[162] Vergleiche zu den Daten im Detail McDonald, Schattenholzer (2001), IEA (2000b).

[163] OECD (2000).

4.3.5.6 Schwerpunkt 3: Kraft-Wärme-Kopplung, dezentrale Stromerzeugung und neue Technologien

(866) Die gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme in modernen Anlagen leistet unbestritten einen Beitrag zu Energieeinsparung und CO_2-Minderung.[164] Die Erzeugung von KWK-Strom lag Ende der neunziger Jahre bei etwa 50 TWh.[165] Damit werden ca. 10 % der gesamten deutschen Stromerzeugung in Kraft-Wärme-Kopplung erzeugt. Die Wärmeabgabe aus KWK-Prozessen kann nur grob geschätzt werden, dürfte aber in der Größenordnung von ca. 400 PJ liegen. Damit werden nur 7,5 % der insgesamt für Raum- und Prozesswärme eingesetzten Endenergie aus KWK-Prozessen bereitgestellt.

(867) Die Ausweitung der Kraft-Wärme-Kopplung kann über zwei verschiedene Strategien erfolgen:

– Die Erhöhung der Stromproduktion bei gleicher Wärmeabgabe durch den Einsatz moderner KWK-Anlagen mit hohen Stromkennzahlen (Verhältnis von Strom und Wärmeabgabe). Während viele bestehende KWK-Anlagen heute Stromkennzahlen von 0,5 und weniger haben, erreichen neue Heizkraftwerke heute Stromkennzahlen von über 1,0. Auch mit der Erweiterung bestehender Dampf-HKW mit Vorschaltgasturbinen kann die Stromkennziffer deutlich gesteigert werden. Zukünftig werden mit neuen technologischen Konzepten (Brennstoffzellen) Stromkennzahlen von bis zu 2,0 erreichbar.

– Die Erschließung neuer Potenziale für die Wärmeabgabe. Da – aus Kostengründen – nicht davon auszugehen ist, dass zukünftig große Fernwärmenetze neu errichtet oder in erheblichem Maße erweitert werden, können neue Absatzpotenziale vor allem in der Industrie, über dezentrale Nahwärmenetze oder über die Objektversorgung (bis hin zu Wohnhäusern) erschlossen werden.

(868) Mit der Verfügbarkeit von dezentralen KWK-Technologien für die Objektversorgung können riesige Wärmeabsatzpotenziale neu erschlossen werden. Mit einer einfachen Überschlagsrechnung kann der Rahmen für den Einsatz der KWK abgeschätzt werden.

– Unterstellt man, dass der sinkende Fernwärmeabsatz durch Energieeinsparungen bei den heute an Fernwärmenetze angeschlossenen Verbrauchern durch den Anschluss neuer Verbraucher an das Fernwärmenetz kompensiert werden kann und dass 50 % der Wärme in Lastbereiche fallen, die für die KWK geeignet sind, so ergibt sich ein Wärmeabsatzpotenzial von ca. 250 PJ. Bei einer mittleren Stromkennzahl von 0,6 entspricht dies einer Stromproduktion von 40 TWh, bei einer mittleren Stromkennzahl von 1,0 etwa 70 TWh.

– Wird davon ausgegangen, dass in der Industrie – unter Berücksichtigung von Einsparungen etc. – etwa 35 % des heutigen Prozesswärmebedarfs (mit Temperaturen < 400°C) über KWK-Anlagen bereitgestellt werden kann, so ergibt sich ein Wärmeabsatzpotenzial von ca. 450 PJ. Bei einer mittleren Stromkennzahl von von 1,0, wie sie von GuD-Anlagen leicht erreicht werden kann, ergibt sich eine potenzielle Stromerzeugung von ca. 125 TWh.

– Unterstellt man die zukünftige Verfügbarkeit von 25 % des heutigen Raumwärmebedarfs der privaten Haushalte sowie von Gewerbe, Handel und Dienstleistungen für Lieferungen aus KWK-Anlagen (inklusive Haus- und Objektversorgung z. B. mit Brennstoffzellen), so ergibt sich eine Absatzpotenzial von etwa 670 PJ. Dies entspricht bei einer mittleren Stromkennzahl von 0,6 einer KWK-Stromproduktion von ca. 110 TWh, bei einer mittleren Stromkennzahl von 1,0 von ca. 185 TWh.

(869) Zusätzliche Anwendungspotenziale für die Kraft-Wärme-Kopplung lassen sich mit der Kälteproduktion über KWK-Prozesse (Kraft-Wärme/Kälte-Kopplung) erschließen, bei der KWK-Anlagen mit Anlagen zur Kälteerzeugung[166] kombiniert werden und mit Kälteerzeugung die Abnahmecharakteristik auf der Wärmeseite der KWK-Anlagen deutlich verbessert werden kann.[167]

(870) Für die mittel- und langfristigen Perspektive lässt sich damit selbst unter Maßgabe massiver Energieeinsparungen in den Endanwendungssektoren in grober Näherung ein technisches Potenzial für die KWK-Stromerzeugung in der Bandbreite von 220 bis 380 TWh abschätzen.[168] Etwa die Hälfte des oberen Potenzialwerts ist dabei von der Verfügbarkeit und der Möglichkeit des wirtschaftlichen Betriebs sehr effizienter KWK-Anlagen für die dezentrale Objekt- und Hausversorgung (Kleinst-BHKW und Brennstoffzelle) abhängig.

(871) Die Fernwärmeversorgung sowie die Versorgung großer industrieller Wärmenachfrage mit KWK erfolgt heute mit großen ***Heizkraftwerken***, deren elektrische Leistung von 20 bis 500 MW reicht. Es handelt sich dabei um erprobte Technologien (vor allem Dampfturbinen und GuD-Technik), die jedoch auch weiterhin Effizienzsteigerungen erwarten lassen (siehe Kapitel 4.3.5.4). Auch zukünftig wird diesen Anlagen für die Fernwärmeversorgung und die Wärmeproduktion in der Großindustrie eine

---

[164] Vergleiche dazu Ziesing, Matthes (2000), Traube, Schulz (2001), Wuppertal-Institut (2001a), AGFW (2001a), Öko-Institut (2002a). Zur Diskussion im internationalen Kontext vgl. IEA (2000c), speziell zur Mikro-KWK EAT (2001).

[165] Dieser Angabe liegt eine enge Abgrenzung von KWK-Strom zu Grunde. Erfasst wird dabei nur diejenige Stromerzeugung in Heizkraftwerken, die in unmittelbarem Zusammenhang mit der Produktion nutzbarer Wärme erfolgt (vgl. AGFW 2001b, IER 2001, Matthes 2001).

[166] Zum Einsatz können Kompressions-, Absorptions- bzw. Adsorptionskälteanlagen kommen, aber auch neue Verfahren wie die sorptionsgestützte Klimatisierung (DEC – dessicative and evaporative cooling).

[167] Vergleiche IEA (1999a), Klein (2001).

[168] Andere Schätzungen beziffern das theoretische Nutzungspotentzial der KWK in Deutschland – bei einem um 40 % verringerten Nutzwärmebedarf auf bis zu 500 TWh (Nitsch 2002).

Tabelle 4-56

Kostenprojektionen für fossile Heizkraftwerke

		Elektrische Leistung (netto)	Nutzungs-dauer	Spezifische Investition mit Bauherren-Eigentumsleistungen, ohne Bauzinsen			
				2000	2010	2020	2030
		MW	a	€/kW			
Erdgas	Entnahmekondensations-HKW	50	30	825	795	765	735
		100	30	690	660	630	600
		200	30	600	570	540	510
Steinkohle	Entnahmekondensations-HKW	500	30	1 420	1 385	1 350	1 315
		300	30	1 500	1 515	1 480	1 445
Erdgas	Gegendruck GuD-HKW	100	30	625	575	550	525
		200	30	575	500	475	450
Steinkohle	Gegendruck-HKW	200	30	1 250	1 225	1 200	1 175

tragende Rolle zukommen. Die Tabelle 4-56 zeigt die Kostenannahmen der Enquete-Kommission für typische Anlagen über den Zeitraum der nächsten Jahrzehnte.

(872) Im Bereich der dezentralen KWK-Anlagen sind ***Blockheizkraftwerke mit Gasmotoren oder Gasturbinen*** eine eingeführte Technologie. Die installierte (elektrische) Leistung dieser Anlagen dürfte heute bei etwa 5 500 MW liegen, davon etwa 2 000 MW Motor-BHKW und ca. 3 500 MW BHKW mit Gasturbinen.[169] Das Leistungsspektrum von BHKW liegt heute zwischen wenigen Kilowatt bis in den Megawattbereich.

(873) Für ***Motor-BHKW*** wird gängige Technik aus der Serien- und Massenproduktion eingesetzt. Sie erreichen hohe Gesamtwirkungsgrade (85 bis 95 %), können mit verschiedenen Brennstoffen betrieben werden (Erd- und Biogas, Mineral- und Naturöl). Es existieren umfangreiche Betriebserfahrungen sowie ein entwickeltes Servicenetz. Unter günstigen Randbedingungen existieren vielfältige wirtschaftliche Einsatzmöglichkeiten. Typische Investitonskosten für Motor-BHKW liegen heute bei bis zu 3 000 €/kW für Kleinst-BHKW (kleiner 10 kW). In der Leistungsklasse 200 kW betragen die Investitionskosten etwa 1 100 €/kW, bei BHKW mit einer Blockgröße von 1 MW liegen sie bei ca. 800 €/kW. Größere Motor-BHKW erreichen elektrische Nutzungsgrade von bis zu 45 % und Stromkennzahlen von über 1,0.

(874) Vor allem aus der Turboladertechnologie und Entwicklungen in der Luftfahrtindustrie resultieren die Impulse zur Entwicklung von ***Mikrogasturbinen,*** die sich inzwischen an der Schwelle zur Marktreife befinden. Durch den Einsatz von Rekuperatoren erreichen die Aggregate im Leistungsbereich ab 28 kW relativ hohe (elektrische) Wirkungsgrade von 25 bis 30 %. Die Anlagen werden serienmäßig mit Wärmetauschern zur Warmwassererzeugung angeboten, aufgrund der hohen Abgastemperaturen ist auch die Dampferzeugung mit Abhitzekessel möglich.[170] Damit erschließt sich ein relativ breites Anwendungsspektrum im Dienstleistungssektor und in der Industrie. Durch die relativ einfache Anlagenkonfiguration werden nur wenige Verschleißteile eingesetzt und bleibt der Wartungsaufwand gering (z. B. keine Schmierstoffe erforderlich). Bisher sind in Deutschland nur wenige Anlagen in Betrieb, so dass die Betriebserfahrungen mit dieser Technik noch begrenzt sind. Die vorliegenden Erfahrungen lassen jedoch geringe Betriebskosten und lange Wartungsintervalle erkennen. Die Investitionskosten sind noch vergleichsweise hoch und liegen bei ca. 1 500 €/kW in der 30 kW-Klasse, bei etwa 1 200 €/kW für 50 bis 60 kW-Anlagen sowie bei etwa 1 000 €/kW bei Anlagen mit einer Leistung von 100 kW.

(875) Im erweiterten Feldtest für BHKW-Antriebe befinden sich ***Stirlingmotoren,*** bei denen die Kolben durch *äußere* Verbrennung (oder Erwärmung) angetrieben werden. Sie sind unabhängig von der Art der Wärmequelle, es können keine Verbrennungsrückstände in das Innere der Motoren gelangen. Auch hier werden weniger Verschleißteile eingesetzt, der Wartungsaufwand bleibt gering. Darüber hinaus bleiben die Schadstoffemissionen auf sehr niedrigem Niveau. Die Technik ist inzwischen so weit ausgereift und erprobt, dass ein zuverlässiger Betrieb mit guten Wirkungsgraden nachgewiesen ist. Die elektrische Leistung von Stirling-Motoren beginnt bei 2 kW, der elektrische Wirkungsgrad liegt heute bei 24 % und der Gesamtwirkungsgrad bei bis zu 90 %. Die Entwicklung befindet sich am

[169] Diese Zahlen wurden aus den Absatzzahlen der BHKW-Produzenten für den deutschen Markt ermittelt. Da in den letzten Jahren in nicht geringem Umfang Stillegungen von BHKW erfolgt sind, diese jedoch nicht statistisch erfasst werden, sind die genannten Zahlen als Obergrenze anzusehen.

[170] ASUE (2001).

Beginn der ersten Kleinserienfertigung. Die Investitionskosten sind dem entsprechend noch hoch und bisher nicht konkurrenzfähig zu konventionellen Motor-BHKW vergleichbarer Leistungsklassen. Gemessen an den derzeit angebotenen Kleinst-BHKW mit Verbrennungsmotoren stellt das Potenzial des Stirlingmotors jedoch eine nicht zu unterschätzende Alternative dar. Schließlich kann dem Stirlingmotor im Bereich der erneuerbaren Energien eine wichtige Rolle zukommen (vor allem im Bereich der Solarenergienutzung).

(876) Eine weitere Möglichkeit der Abwärmenutzung eröffnet der ***Organic Rancine Cycle*** (ORC). Statt Wasser im üblichen Dampfturbinenprozess wird beim Rankine-Kreislauf ein organisches Arbeitsmittel verdampft, überhitzt und dann in der Turbine entspannt. Damit kann bei wesentlich niedrigeren Temperaturen gearbeitet werden, als Heizmedium kann zum Beispiel Abwärme aus einem Industrieprozess oder Thermalwasser mit einer Temperatur von 106°C dienen (ab 80°C sind Anwendungen denkbar). Durch die Wahl des Arbeitsmittels können ORC Anlagen an die entsprechenden Bedingungen angepasst werden. Es können allerdings nur noch zugelassene Stoffe verwendet werden (FCKW-Problematik). Ein ähnlicher Prozess ist der Kalina-Kreislauf, bei dem ein Ammoniak-Wassergemisch als Arbeitsmittel verwendet wird. Eine weitere Variante des ORC wird im amerikanischen OTEC (Ocean Thermal Energy Conversion) Projekt verfolgt. Hier wird eine Temperaturdifferenz von 20 K zwischen Oberflächenwasser und Tiefenwasser ausgenutzt. Ein erstes 1 MW-Projekt ist in Planung. Eine breite Demonstration bzw. Markteinführung ist bisher nicht abzusehen.

(877) Hohe Erwartungen sowohl im Bereich von Kleinst-BHKW wie auch bei BHKW in der mittleren Leistungsklasse (100 kW bis 2 MW) bestehen in Bezug auf ***Brennstoffzellen***. Das Prinzip dieser Technologie basiert auf der „kalten Verbrennung“; durch elektrochemische Oxidation einer wasserstoffhaltigen Substanz (Wasserstoff, Methanol, Erdgas, Biogas, Kohlegas etc.) mit einem Oxidationsmittel (Luft oder Sauerstoff) wird die chemische Energie mit katalytischer Unterstützung direkt in elektrischen Strom umgewandelt.

(878) Wesentliche Vorteile des Brennstoffzelleneinsatzes für BHKW liegen in den erwarteten hohen elektrischen Wirkungsgraden (auch im Teillastbetrieb), im geringen Wartungsaufwand, den geringen Lärm- und Schadstoffemissionen sowie in der guten Regelbarkeit der Leistung. Zu gewährleisten ist allerdings auch, dass gleichzeitig die bei konventionellen BHKW üblichen hohen Gesamtnutzungsgrade von 85 bis 90 % (mit Brennwertnutzung um 100 %) erreicht werden können (im bisherigen Systembetrieb ist dies noch nicht demonstriert worden).

(879) Als Brennstoff wird Wasserstoff benötigt, der bei Nieder- und Mitteltemperaturbrennstoffzellen ggf. über einen vorgeschalteten Reformer erzeugt werden muss, wobei ca. 20 bis 25 % der eingesetzten Energie benötigt werden. Bei Hochtemperaturbrennstoffzellen ist wegen der hohen Temperaturen eine Direktreformierung möglich; daher kommen für diese Brennstoffzellentypen als Brennstoff nicht nur Wasserstoff sondern z. B. auch Erd-, Bio- und Kohlegas in Frage.

(880) Die Tabelle 4-57 vermittelt einen Überblick über die heute verfolgten Technologielinien. Für den Bereich der Energiewirtschaft sind vor allem Hochtemperatur-Brennstoffzellen interessant, die mit Gasturbinen zum Gas- und Dampf-Prozess kombiniert werden können, der hohe elektrische Systemwirkungsgrade (bis zu 65 %) erwarten lässt. Die Stromkennzahl konventioneller GuD-Anlagen (ca. 1,0) kann damit auf über 2,0 erhöht werden. Die besonders hohe Stromausbeute von Brennstoffzellen BHKW bildet damit einen weiteren spezifischen Vorteil dieser Technologie und kann die Vorteilhaftigkeit der KWK hinsichtlich der Energieeinsparung gegenüber getrennter Strom- und Wärmebereitstellung auch bei steigenden Wirkungsgraden der ungekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung gewährleisten.

(881) Die wesentlichen Nachteile aus Betreibersicht sind neben dem noch hohen heutigen Kostenniveau (s. u.) die Situation, dass Brennstoffzellen für den Spitzenlastbetrieb nicht geeignet sind, der bei vielen KWK-Anlagen vorgesehene *Dual Fuel*-Betrieb (Erdgas und Heizöl) nicht möglich ist sowie teilweise noch unakzeptabel lange Anfahrzeiten notwendig sind.

(882) Brennstoffzellensysteme befinden sich heute überwiegend in der Demonstrationsphase. Heute für den Bereich der Energieversorgung aus Kleinserienfertigung vermarktete Anlagen weisen Investitionskosten von ca. 2 500 €/kW (PAFC mit 200 kW) auf und sind so nicht konkurrenzfähig zu konventionellen KWK-Anlagen dieser Leistungsklasse. Die technisch-wirtschaftliche Optimierung der Anlagen steht noch aus. Hinsichtlich Kosten können also nur Zielwerte für die anlegbaren Investitionskosten bestimmt werden, bei denen BSZ-Anlagen konkurrenzfähig zur konventionellen KWK werden. Anlegbare Investitionskosten im Vergleich zur industriellen KWK liegen für Hybridsysteme (Hochtemperatur-Brennstoffzelle mit Gasturbine) mit mittlerer Leistung (5 bis 10 MW) um ca. 15 bis 20 % über denen vergleichbarer konventioneller KWK-Anlagen, dies entspricht ca. 1 000 bis 1 300 €/kW. Im Bereich der öffentlichen Stromversorgung liegen die „anlegbaren Investitionskosten“ um ca. 30 % über einer GuD-Anlage, d. h. bei 700 bis 1 000 €/kW (im Leistungsbereich 100 MW und darüber). Für kleine Brennstoffzellen-BHKW der Hausversorgung (1-10 kW) wurden anlegbare Investitionskosten von ca. 2 000 €/kW ermittelt. Im Bereich der Nahwärme-Systeme werden als spezifische Zielwerte ca. 1 000 €/kW genannt. Die Abbildung 4-34 zeigt diese Zielwerte im Gesamtkontext der möglichen Brennstoffzellenanwendungen.[171] Die derzeitigen Kosten für PEMFC und SOFC dürften in der Größenordnung von etwa 5 000 €/kW liegen.

(883) Dass die Erreichung dieser Zielwerte zwar ehrgeizig ist und längerer Zeiträume bedarf, aber keineswegs unrealistisch ist, zeigt die bisherige Entwicklung. Die heute kommerziell vermarkteten PAFC-Brennstoffzellen (200 kW) waren 1992 mit Investitionskosten von 5 000 €/kW

[171] Es handelt sich hierbei um eine exemplarische Darstellung. Angesichts des aktuellen Planungsstandes ist auch eine zeitliche Verschiebung um bis zu fünf Jahre vorstellbar.

Tabelle 4-57

Übersicht Brennstoffzellen-Technologien

		Elektrolyt	Betriebs-tempera-tur °C	Elektrischer Wirkungsgrad		Bemerkungen	Feld-ver-suche	Ver-mark-tung
				Zelle	System[a]			
Niedertemperatur 60–120 °C	PEMFC (polymerelectrolyte membrane fuel cell)	Protonenleitende Membran (R-SO_3-H)	70–80[b] 120–180[b]	50–70 %	40–50 % 60 %	Brennstoff: Wasserstoff Breite Untersuchungen für alle Anwendungen	1 kW bis 100 MW	
	DMFC (direct methanol fuel cell)	Protonenleitende Membran (R-SO_3-H)	70–90	40–50 %	40 %	Brennstoff: Menthol Entwicklung befindet sich in den Anfängen, prädestiniert für Anwendungsklassen <100kW		
	AFC (alkaline fuel cell)	Kalilauge (KOH)	80–100	60–70 %	62 %	Brennstoff: Wasserstoff Oxidant: nur Sauerstoff Anwendungen seit langem in Raumschiffen, nicht aussichtsreich für andere Anwendungen		
Mitteltemperatur 160–220 °C	PAFC (phosphoric acid fuel cell	Phosporsäure (H_3PO_4)	160–220	55 %	40 %	Brennstoff: Wasserstoff Einsatz in dezentralen Stromerzeugungsanlagen (200kW), keine Weiterentwicklung		Kleinserie 200 kW
Hochtemperatur 600–1.000 °C	MCFC (molten carbonate fuel cell)	Lithium-, Kalium-Karbonat ((Li, K)$_2CO_3$)	580–650	65 %	55–65 %	Brennstoffe: Wasserstoff, Erdgas, Biogas, Kohlegas Entwicklung von 200 kW bis 10 MW-Anlagen für dezentrale Strom- und Wärmeerzeugung	200 kW bis 100 MW	
	SOFC (solid ocide fuel cell)	Keramischer Festkörper (Zro_2/YO_3)	700–1.000	60–65 %	55–65 %	Brennstoffe: Wasserstoff, Erdgas, Kohlegas Entwicklung für stationäre Anlagen der Strom- und Wärmeerzeugung (1–10 kW Tubular/ Plenar- sowie 200 kW–100 MW-Tubular-Technologie)	1 kW bis 100 MW	

Anmerkungen:

a Zielwerte; bei den heute betriebenen Demonstrationsanlagen werden bisher über längere Zeiträume niedrigere Werte erreicht (PEMFC: 30 bis 35 %, MCFC: 45 bis 50 %),

b Hoch/Niedrigtemperatur;

c Erdgas-Betrieb;

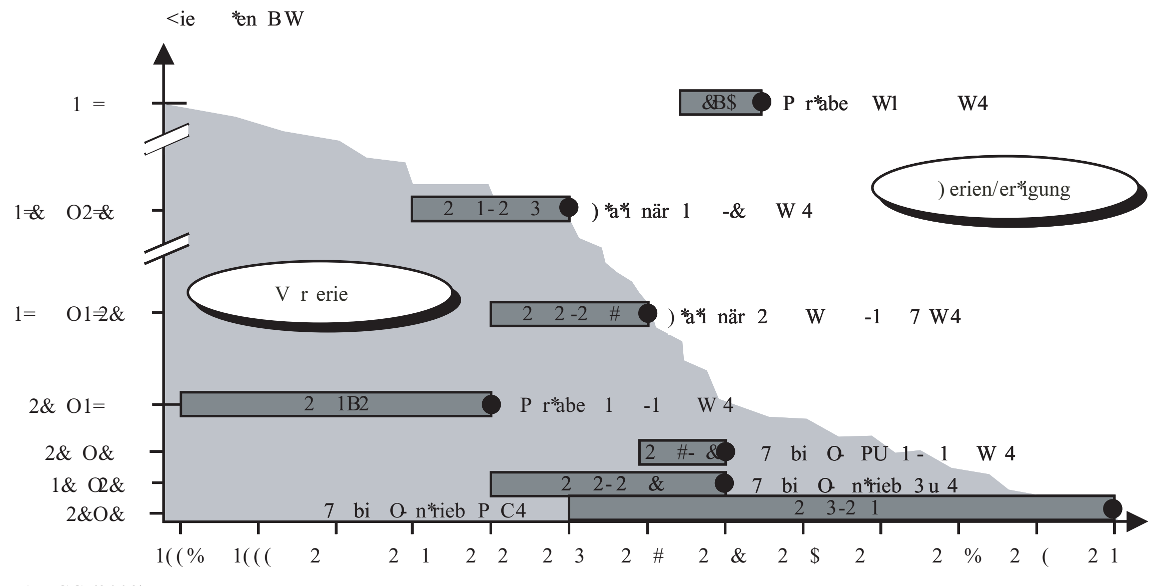
d Wasserstoff-Betrieb;

e Reinst-Wasserstoff-Betrieb

Quellen: AMCG (2002), TAB (2001), Birnbaum u. a. (2000)

Abbildung 4-34

Exemplarisches Markteinführungsszenario Brennstoffzellen-Produkte, 2000 bis 2010



Quelle: AMCG (2002)

verbunden, Ende der neunziger Jahre war es gelungen, die Kosten über Optimierungen und (Klein-) Serienfertigung auf etwa 2 500 €/kW zu senken, bei einer Produktion von 3 000 Einheiten werden Kosten von ca. 1 300 €/kW prognostiziert.[172] Welche Perspektiven der Investitionskostensenkung vorstellbar sind, zeigen Birnbaum u. a. mit einer einfachen Plausibilitätsbetrachtung über den Lernkurvenansatz.[173] Bei einem Lernfaktor von 0,8 müssten Hochtemperatur-Brennstoffzellenanlagen mit einer gesamten kumulierten Leistung von etwa 700 MW errichtet werden, um eine Konkurrenzfähigkeit zu vergleichbaren konventionellen KWK-Anlagen erreichen zu können. Dabei ist vorausgesetzt, dass die Fertigung erster serienreifer Systeme mit anfänglichen Investitionskosten von 5 000 €/kW gestartet werden kann. Die Errichtung einer solcher Kapazität (mit zunächst höheren Stromerzeugungskosten und entsprechend erforderlichen Vorleistungen) erscheint über einen Zeitraum von 10 Jahren nicht unplausibel.

(884) Die Tabelle 4-58 zeigt die Investitionskostenansätze, die die Enquete-Kommission ihren Szenarien für exemplarische Brennstoffzellen-Anlagen zu Grunde legt.

(885) Die Problematik der verfügbaren Brennstoffe ist im Bereich stationärer Brennstoffzellen-Nutzung weniger prekär als für mobile Anwendungen.[174] Die Potenziale für erhebliche Effizienzerhöhungen lassen die Einführung von Brennstoffzellenanlagen auch dann als sinnvoll erscheinen, wenn die gleichen Brennstoffe wie für konventionelle (KWK-) Anlagen zum Einsatz kommen. Selbst für die Kohlenutzung sind Anwendungen zumindest prinzipiell vorstellbar (Integration von Kohlevergasung und Hochtemperatur-Brennstoffzelle), wenn hier auch – wie bei den IGCC-Konzepten allgemein – noch erhebliche Probleme zu lösen sind (vgl. Kapitel 4.3.5.4)

(886) Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass für die Kraft-Wärme-Kopplung als ressourcensparende und emissionsarme Technologie aus technischer Sicht selbst bei starken Wärme-Einsparungen auch weiterhin erhebliche Ausweitungspotenziale existieren (KWK-Stromproduktion von bis zu 380 TWh). Insbesondere gilt dies, wenn mit kleinen und kleinsten KWK-Anlagen Anwendungsfelder in der Objekt- und Hausversorgung erschlossen werden können. Mit modernen Heizkraftwerken sowie Motor- und Gasturbinen-BHKW stehen technisch ausgereifte Technologien im gesamten Leistungsspektrum zur Verfügung. In der Demonstrations- bzw. kurz vor der Markteinführungsphase befinden sich eine ganze Reihe von neuen Technologien (Mikrogasturbinen, Stirlingmotoren, Brennstoffzellen), die eine weitere Effizienzverbesserung und (teilweise) bessere Betriebseigenschaften erwarten lassen und insbesondere den Einsatzbereich weiter zu kleinen Leistungen ausweiten können. In Bezug auf die Brennstoffzelle gilt dies nicht nur für kleine KWK-Anlagen im Kilowattbereich, sondern bis hin zu mittleren Heizkraftwerken im Bereich von über 100 MW.

(887) Da mit diesen neuen Technologien nur in geringem Maße völlig neue Marktsegmente für die KWK-Stromerzeugung erschlossen werden können (dies gilt vor allem

---

172 Vergleiche IEA AFCEC (1998) (International Energy Agency Advanced Fuel Cells Executive Committee): „Introduction to fuel cells.“ (Bearbeiter: H. Haydock), Birnbaum u. a. (2000).

173 Birnbaum u. a. (2000).

174 Vergleiche zum detaillierten Vergleich verschiedener Brennstoffpfade im Kontext der Brennstoffzellenanwendung TAB (2001), Bünger u. a. (2000).

Tabelle 4-58

Kostenprojektionen für Brennstoffzellen-Anlagen

	Elektrische Leistung (netto)	Nutzungsdauer	Spezifische Investition mit Bauherren-Eigenleistungen, ohne Bauzinsen			
			2000	2010	2020	2030
	kW	a	€/kW			
PEMFC	5	15	k. A.	1 500	1 000	750
PAFC	200	15	k. A.	1 625	1 355	1 080
MCFC	500[a]	15	k. A.	1 250	1 000	1 000
SOFC	2 000[a]	15	k. A.	1 050	875	750

Anmerkungen:
a 2020-1 000 kW, 2030-3 000 kW;
b 2020-3 000kW, 2030-10 000 kW

im Bereich von Kleinst-Anlagen), wird sich der Markterfolg dieser Technologien vor allem in Abhängigkeit von drei Aspekten einstellen:

– Ergeben sich für die KWK in ihren verschiedenen Anwendungsfeldern allgemein günstige Rahmenbedingungen?
– Können neue Anlagenkonzepte – wie z. B. die Brennstoffzellen – Kostenreduktionen auf ein Niveau realisieren, das – im Kontext vorteilhafterer Betriebsparameter (höhere Stromausbeute etc.) – eine Wettbewerbsfähigkeit zu den eingeführten KWK-Technologien ermöglicht?
– Ergeben sich aus der Wechselbeziehungen mit der Brennstoffzellen-Entwicklung für den mobilen Bereich unterstützende Impulse (auch hinsichtlich Stückzahlen/Kostenentwicklung) für den stationären Bereich?

(888) Im Lichte des derzeit erreichten Entwicklungsstandes für die verschiedenen neuen in Entwicklung befindlichen Technologien können wesentliche technologische und wirtschaftliche Verbesserungen bei diesen Technologien im Laufe der nächsten 10 bis 20 Jahre erwartet werden. Gleichzeitig fügen sich die modernen KWK-Technologien sehr günstig in den sich abzeichenden Trend einer stärkeren Dezentralisierung und Vernetzung (vgl. Kapitel 4.3.7.2) der Energieversorgung ein. Wesentliche Markterfolge hängen jedoch insbesondere von günstigen energiepolitischen Rahmenbedingungen sowie von kontinuierlichen und konzentrierten Forschungsanstrengungen ab.

4.3.5.7 Schwerpunkt 4: CO_2-Abtrennung und Deponierung

4.3.5.7.1 Vorbemerkungen

(889) In der Diskussion um technologische Ansätze für den Klimaschutz hat die Abtrennung und Deponierung von CO_2 in den letzten Jahren erheblich an Bedeutung gewonnen.[175] Neben einer umfangreichen wissenschaftlichen Diskussion sind inzwischen auch erste Pilotvorhaben für die Integration einzelner Bausteine der technologischen Kette sowie die Evaluierung der (unterirdischen) CO_2-Deponierung aus technischer und ökologischer Sicht gestartet worden.[176]

(890) Die zentralen Elemente für eine Technologie der CO_2-Abtrennung und Deponierung sind:

– die Abscheidung des CO_2 aus dem Abgas bzw. aus dem Brennstoff,
– der Transport des abgetrennten CO_2 zu den Deponieorten sowie
– die sichere, langfristige und risikoarme Deponierung.

(891) Mit Ausnahme der langfristigen Deponierung werden viele der benötigten Einzeltechnologien in anderen Industriebereichen bereits angewendet, so dass sie prinzipiell verfügbar wären. Erhebliche Herausforderungen bestehen jedoch hinsichtlich notwendiger Anpassungen an die energiewirtschaftlichen Gegebenheiten, der Integration zu

[175] Dies gilt vor allem für Japan, die USA, Kanada, Norwegen, die Niederlande sowie im internationalen Rahmen die IEA.

[176] Die bekanntesten Pilotprojekte sind die Verbringung von CO_2 in saline Aquifere (1 000 m unter dem Meeresspiegel) im Sleipner-Erdgasfeld sowie die Verbringung von CO_2 in das kanadische Weyburn-Ölfeld zur Verbesserung der Lagerstättenausbeute. Bei dem von Statoil koordinierten Sleipner-Projekt handelt es sich um CO_2, das aus technologischen Gründen (das geförderte Gas enthält ca. 9 % CO_2, das vermarktbare Erdgas darf maximal 2,5 % enthalten) ohnehin abgetrennt werden muss (Statoil 2000). Die Injektion von CO_2 in Lagerstätten zur Erhöhung der Ausbeute (EOR – enhanced oil recovery) wie im Weyburn-Projekt ist eine an sich eine übliche und erprobte Technologie. Neu an diesem Projekt ist, dass das verwendete CO_2 in einer Anlage zur Herstellung von synthetischem Erdgas aus Kohle (Great Plains Gasification Plant in Nord-Dakota) als Abprodukt anfällt und über eine speziell errichtete Pipeline von 330 km zur Lagerstätte transportiert wird (PTRC 2000).

einer funktionsfähigen technologischen Kette, hinsichtlich der wirtschaftlichen Parameter sowie in Bezug auf Umwelt-, Sicherheits- und Akzeptanzfragen.

4.3.5.7.2 CO_2-Abtrennung

(892) Die Abtrennung von CO_2 kann im Bereich der Energiewirtschaft entweder über eine Aufbereitung der Brennstoffe oder über eine Behandlung der Rauchgase erfolgen.

(893) Das Rauchgas von GuD-Kraftwerken enthält ca. 4 Volumenprozent CO_2, das von Kohlestaubkraftwerken ca. 14 % und das Abgas von kohlegefeuerten IGCC-Kraftwerken etwa 9 %. Das im Vergasungsteil eines IGCC-Kraftwerks erzeugte Brenngas hat einen CO_2-Gehalt von ca. 35 bis 40 % und steht prozessbedingt unter höherem Druck.[177]

(894) Für die Abtrennung dieser CO_2-Anteile können vor allem die folgenden Technologien genutzt werden:

– die chemische und physikalische Absorption,

– die physische und chemische Adsorption,

– die Abtrennung mit Tiefsttemperaturtechniken sowie

– die Separation mittels Membranen.

(895) Bei der ***Absorption*** wird das CO_2 mittels Absorbentien aus dem Rauchgas ausgewaschen. Dabei kann das CO_2 beim Übergang in die Lösung als Molekül mit verhältnismäßig geringen Bindungskräften erhalten bleiben (physikalische Absorption) oder eine chemische Reaktion mit den in der Waschflüssigkeit enthaltenen gelösten Komponenten eingehen (chemische Absorption). Mit einer nachfolgenden Desorbtion können – allerdings mit erheblichem Energieaufwand – die Absorbentien zurückgewonnen und das CO_2 zu Weiterverarbeitung bzw. Fortleitung wieder freigesetzt werden. Sowohl die physikalische als auch die chemische Absorption von CO_2, aber auch Hybridverfahren kommen in kommerziellen Anlagen z. B. der chemischen Industrie zum Einsatz.[178] Die größte weltweit betriebene CO_2-Abscheidungsanlage (mit Aminen als Sorbens) erreicht eine Abscheideleistung von 800 t CO_2 pro Tag, dies sind jedoch nur 13 % des CO_2-Ausstoßes eines modernen Steinkohlekraftwerkes.[179] Für den Betrieb der Absorptionsanlage entsteht ein erheblicher Energie- und Ressourcenbedarf, darüber hinaus können erhebliche Mengen an Restschlämmen aus den Absorbentien verbleiben.[180] Die Einbußen bei den Netto-Wirkungsgraden betragen ca. 8 bis 13 Prozentpunkte. Am höchsten fallen sie bei Kohlekraftwerken aus, bei Übergang zur IGCC-Technologie mit CO_2-Abscheidung nach der Kohlevergasung können sie jedoch bis auf das Niveau der Abgaswäsche von Erdgas-GuD-Anlagen (ca. 8 Prozentpunkte) verringert werden.[181]

(896) Entwicklungsbedarf besteht bei dieser Form der CO_2-Abtrennung vor allem hinsichtlich preiswerter und neuer Sorbentien, mit denen vor allem der Energiebedarf für den Prozess gesenkt werden kann. Darüber hinaus besteht erheblicher Entwicklungsbedarf für die Herstellung von Anlagen mit großer Absorptionskapazität (Konfiguration, Miniaturisierung, Korrosion etc.) für den kommerziellen Betrieb.[182]

(897) Bei der Abtrennung mittels ***Adsorption*** werden die CO_2-Moleküle an die Oberfläche fester Stoffe (Adsorbentien) angelagert. Die Anlagerung erfolgt entweder über physikalische Bindung (van der Waals-Kräfte) oder chemische Bindung (Valenzkräfte); entsprechend wird nach physikalischer und chemischer Adsorption unterschieden. Die Regeneration der Adsorbentien erfolgt über die Druckreduktion (PSA – Pressure Swing Adsorption) oder die Temperaturerhöhung (TSA – Temperature Swing Adsorption) in der Adsorptionsanlage; beides ist wiederum verbunden mit einem erheblichen Energieaufwand. Die Netto-Wirkungsgrade von Kraftwerken reduzieren sich durch Adsorptionsanlagen um 11 bis 15 Prozentpunkte.[183]

(898) Adsorptionsprozesse für CO_2 werden heute in kommerziellen Ablagen der Wasserstoffproduktion und der CO_2-Abtrennung bei Erdgas betrieben.[184] Adsorption wird für die CO_2-Abtrennung im Kraftwerkssektor nur dann in Betracht gezogen werden können, wenn es gelingt, neue Adsorbentien mit größerer Adsorptionskapazität und Eignung für höhere Temperaturen und Dampf zu entwickeln. Des weiteren müssten neuen Desorptions-Konzepte entwickelt werden, um die (heute schlechte) Regenerationsrate der Adsorbentien deutlich zu verbessern.[185]

(899) Einen weiteren Ansatz bildet die Abtrennung von CO_2 mit ***Tiefsttemperaturtechniken*** (Cryogenics). Durch Abkühlung und Kondensation bei sehr niedrigen Temperaturen kann reines CO_2 in flüssiger Form gewonnen werden. Diese Technologie eignet sich jedoch nur für Abgasströme mit sehr hohem CO_2-Anteil (> 90 %); in diesem Bereich wird sie bereits heute kommerziell eingesetzt. Der Prozess ist sehr energieintensiv und bedarf vor allem der Abtrennung von Wasser und anderen Abgaskomponenten mit höheren Gefrierpunkten, um Funktionseinschränkungen der Anlagen zu verhindern. Im Kraftwerksbereich wird diese Variante der CO_2-Abtrennung damit kaum in Frage kommen, wenn nicht grundlegend neue Kraftwerkskonzepte, z. B. mit CO_2-Abtrennung vor der Verbrennung oder die Verbrennung mit reinem Sauerstoff an Stelle von Luft zur Anwendung kommen.[186]

(900) Eine weitere neue Technologievariante ist die Abtrennung von CO_2 mittels ***Membranen,*** die über die Reaktionen zwischen Gasen und Membranmaterialien unter-

---

177 DTI (2000b).

178 DOE (1999), DTI (2000b), IEA (1998).

179 Unter (exemplarischer) Annahme von 5 000 Jahresbenutzungsstunden, einem Nettowirkungsgrad von 45%, vermindert um einen Energiebedarf der CO2-Abtrennung von ca. 8 Prozentpunkten.

180 DTI (2000b).

181 DTI (2000b), IEA (1998).

182 DOE (1999), DTI (2000b).

183 IEA (1998).

184 DTI (2000b), DOE (1999), IEA (1998).

185 DOE (1999), IEA (1998).

186 DTI (2000b), DOE (1999).

schiedliche Diffusionsgeschwindigkeiten für verschiedene Gase aufweisen. Derzeit sind eine Reihe von Gastrennungs-Membranen verfügbar, sie erreichen aber noch keine hinreichende Separation und würden so mehrfache Membranfilter oder Kreisführung der Abgasströme erfordern. Damit wächst die Komplexität der Anlagen, Energieaufwand und Kosten steigen erheblich. Es verbleibt ein erheblicher Forschungs- und Entwicklungsaufwand, bis Membran-Materialien und Anlagenkonzepte entwickelt sind, die die Abtrennung von CO_2 mit hoher Reinheit unter den Betriebsbedingungen von Kraftwerken ermöglichen.[187]

(901) Neben der CO_2-Abtrennung aus dem Abgas der Verbrennung oder dem Brenngas aus der Kohlevergasung, die wegen des geringen CO_2-Gehalts der Rauchgase erhebliche Rauchgasvolumina bewältigen muss, können gasförmige Brennstoffe über einen Reformer in Wasserstoff und CO_2 umgewandelt werden. Während der Wasserstoff im Kraftwerk zum Einsatz kommt, würde CO_2 für die Nutzung bzw. Entsorgung abgetrennt. Die CO_2-Abtrennung ist bei diesem Konzept zwar leichter und kostengünstiger zu realisieren, für die Kraftwerkstechnologien folgt daraus jedoch ein grundsätzlich neuer technologischer Ansatz.

(902) Zusammenfassend kommen perspektivisch vor allem Konzepte der chemischen Absorption (mit Mono-Ethanolamin – MEA – als Sorbens)[188] für die CO_2-Abtrennung im Kraftwerksabgas in Frage. Für den Übergang zu IGCC-Kohlekraftwerken und CO_2-Abscheidung nach dem Vergasungsschritt werden vor allem physikalische Absorptionsverfahren (mit Selexol als Sorbens) erwartet.[189] Sollten sich die Erwartungen im Bereich der Membranforschung erfüllen, könnten diese vor allem für IGCC-Prozesse eine interessante Option bilden. Ob und wann sich diese Erwartungen erfüllen, ist jedoch bisher nicht absehbar.[190]

(903) Tabelle 4-59 zeigt die Energieaufwendungen für die CO_2-Abtrennung und die erzielten Emissionsminderungen an exemplarischen Beispielen für verschiedene Konstellationen.

(904) Die Kosten der CO_2-Abtrennung sind abhängig von den Kalkulationsmethoden und -parametern sowie den unterstellten Kostenansätzen für die Kraftwerke (Investitionen, Brennstoffpreise). Dabei sind insbesondere die zusätzlichen Investitionskosten von Bedeutung, die zu 20 bis 50 % aus der verminderten Netto-Stromproduktion resultieren; die zusätzlichen Investitionsvolumina werden mit 10 bis 20 % angegeben.[191] Im Kraftwerksbereich ergeben sich insgesamt Abtrennungskosten von 30 bis 60 €/t CO_2 für (kostengünstige) Abgaswäschen,[192]bei Abtrennung von CO_2 aus dem Brenngas von IGCC-Anlagen belaufen sich die Schätzungen auf 20 bis 25 €/t CO_2,[193] wobei jedoch

Tabelle 4-59

Energieaufwand und CO_2-Emissionsminderung durch CO_2-Abtrennung

Prozess	CO_2-Abtrennung	Nettowirkungsgrad in %	Nettowirkungsgradverlust in %-Punkten	spezifische CO_2-Emission in g/kWh	Verminderung der spezifischen CO_2-Emission auf x %
Erdgaskraftwerk	keine	56	–	370	–
	nach Verbrennung	47	– 9	60	16
	vor Verbrennung	48	– 8	60	16
Kohlestaubkraftwerk	keine	46	–	720	–
	nach Verbrennung	33	– 13	150	21
Kohlekraftwerk	keine	46	–	710	–
	vor Verbrennung	38	– 8	130	18

Quellen: DTI (2000b), Berechnungen des Öko-Instituts

[187] DTI (2000b), DOE (1998).

[188] Andere verfügbare Sorbentien haben geringere Bindungskapazitäten bzw. eine geringere CO_2-Affinität.

[189] IEA (1998).

[190] IEA (1998).

[191] Hassmann (2001).

[192] DTI (2000b), IEA (1998), Turkenburg, Hendriks (1999), Gerling, May (2001).

[193] IEA (1998), Turkenburg, Hendriks (1999).

gleichzeitig auf die höheren Investitionskosten für diese Kraftwerke hingewiesen werden muss (vgl. Kapitel 4.3.5.4). Bei einer breiten Anwendung und technologischen Innovationen können Kostenreduktionen erzielt werden, die sich jedoch derzeit noch nicht quantifizieren lassen.

4.3.5.7.3 Transport und Speicherung von CO_2

(905) Für den Transport des abgetrennten CO_2 kommen grundsätzlich alle für den Gastransport üblichen technologischen Varianten in Betracht. Neben der Fortleitung mit Pipelines sind auch Tanker-Transporte von verflüssigtem CO_2 vorstellbar.

(906) Die technologischen Optionen sowie deren Kosten sind in erster Linie von den Transportentfernungen und den Transportkapazitäten abhängig. Für die Errichtung von Pipelines wird eine Bandbreite von 1 bis 7 €/100 km angegeben,[194] wobei dabei keine Flussquerungen und keine Durchquerung dicht besiedelter Gebiete berücksichtigt sind. Die entfernungsunabhängigen Kosten geben Hendricks u. a.[195] mit ca. 7 bis 8 €/t CO_2 an, so dass sich bei distanzabhängigen Pipelinekosten von 2,5 €/t CO_2 und 100 km (Pipelinekapazität 1 Mio. t CO_2 p.a.) bis 6 €/t CO_2 und 100 km (Kapazität 4 Mio. t CO_2 p.a.) für eine Pipeline von 200 km Länge Transportkosten von 11 bis 17 €/t CO_2 ergeben. Für eine Pipeline von 500 km wachsen die Transportkosten bei diesen Ansätzen auf 20 bis 27 €/t CO_2 an.

(907) Sofern zwischen dem Ort der CO_2-Abscheidung und dem Ort der Deponierung größere Transportentfernungen (z. B. mehr als 100 bis 200 km) zu überwinden sind, erweisen sich die Transportaufwendungen als maßgeblicher Kostenfaktor. Ob und wie weit technologische Innovationen drastische Transportkostensenkungen erzielt werden können, ist einerseits ungewiss, erscheint aber angesichts der Entwicklungen in den letzten Jahren beim Erdgastransport (Pipelines, Verflüssigung, Verschiffung etc.) als keineswegs ausgeschlossen.

(908) Als Anforderungen an die CO_2-Speicher ergeben sich aus Nachhaltigkeitsgesichtspunkten die folgenden Aspekte:

– hohe Speichersicherheit über mehrere zehntausend Jahre und Vermeidung von Leckagen,

– keine ökologisch kontraproduktiven Auswirkungen (gravierende Veränderungen von Ökosystemen, Grundwasserbelastungen),

– Vermeidung von zusätzlichen Sicherheitsrisiken (vor allem schlagartige Freisetzung großer CO_2-Mengen mit hohem Gefährdungspotenzial),

– Vermeidung von (heutigen und zukünftigen) Nutzungskonflikten (Deponieräume, weitere Ausbeutung von Lagerstätten).

(909) Die Abbildung 4-35 zeigt die grundsätzlichen Möglichkeiten für die Speicherung von CO_2 in geologischen Formationen bzw. im Ozean in einer schematischen Übersicht.

(910) Vor dem Hintergrund der Tatsache, dass bisherige Untersuchungen zu schwerwiegenden Bedenken in Bezug auf die Speichersicherheit und die erheblichen ökologischen Probleme der CO_2-Speicherung im Ozean führen,[196] sollte nach heutigem Erkenntnisstand diese Option der CO_2-Deponierung grundsätzlich ausgeschlossen werden.

(911) Die Übersicht zu den verschiedenen Varianten der CO_2-Speicherung (Tabelle 4-60) in tiefen geologischen Formationen für Deutschland zeigt ein schwieriges Spannungsfeld auf. Diejenigen Optionen, bei denen die Speicherqualität heute als weitgehend gesichert gelten kann und wirtschaftlich attraktiv erscheint (Öl- und Gasfelder, Kohlebergwerke), haben eine relativ geringe Kapazität und lassen Probleme der Nutzungskonkurrenz (Untertagespeicherung, anhaltende Förderung, zukünftige Wiederaufnahme der Förderung) oder gravierende Umwelt- und Sicherheitsprobleme (stillgelegte Kohlenbergwerke) erkennen. Für diejenigen Optionen mit potenziell großen Speicherkapazitäten (Kohleflöze, salinare Aquifere) sind noch eine Vielzahl von grundsätzlichen Fragen (vor allem der Speicherqualität, Folgen von Druckerhöhungen) sowie eine ganze Reihe technischer Problemen zu lösen. Hinsichtlich der deutschen Speicherkapazitäten ist also zunächst von einer relativ gesicherten und nutzbaren Speicherkapazität in der Größenordnung von ca. 2 Mrd. t CO_2 auszugehen.[197] Durch die Einbeziehung von Kohleflözen (bis zu 1 500 m) könnte sich die Kapazitäten auf bis zu 4 Mrd. t erhöhen, die zukünftig nutzbaren Speicherkapazitäten in salinaren Aquiferen bleiben bis auf weiteres spekulativ.

(912) Etwas anders stellt sich die Situation aus der europäischen Perspektive dar (Tabelle 4-61). Insbesondere durch die umfangreichen Möglichkeiten der Einlagerung in Erdgas- und Erdöllagerstätten (vor allem Großbritannien, Niederlande, Norwegen) stehen erhebliche CO_2-Speicherkapazitäten (35 Mrd. t CO_2) zur Verfügung.[198] Allein die Optionen in den Niederlanden (10 Mrd. t CO_2) erscheinen jedoch angesichts der Transportentfernungen für die deutsche Energiewirtschaft als mittelfristig interessant. Die Erschließung der britischen und skandinavischen Speicherkapazitäten für mitteleuropäische (Groß-)Emittenten würde eine signifikante Senkung der Transportkosten erfordern, die zwar grundsätzlich vorstellbar, aber bisher nicht abzusehen ist.

(913) Für die Nutzung von salinaren Aquiferen für die CO_2-Speicherung gelten bis auf weiteres auch für Europa die o. g. Vorbehalte, die Verteilung der potenziellen Lagerstätten zwischen den einzelnen Staaten unterscheidet sich nur gering von der der Erdgas- und Erdöllagerstätten.

---

[194] DOE (1999), Turkenburg, Hendricks (1999), Doctor u. a. (2001).

[195] Hendriks u. a. (2001).

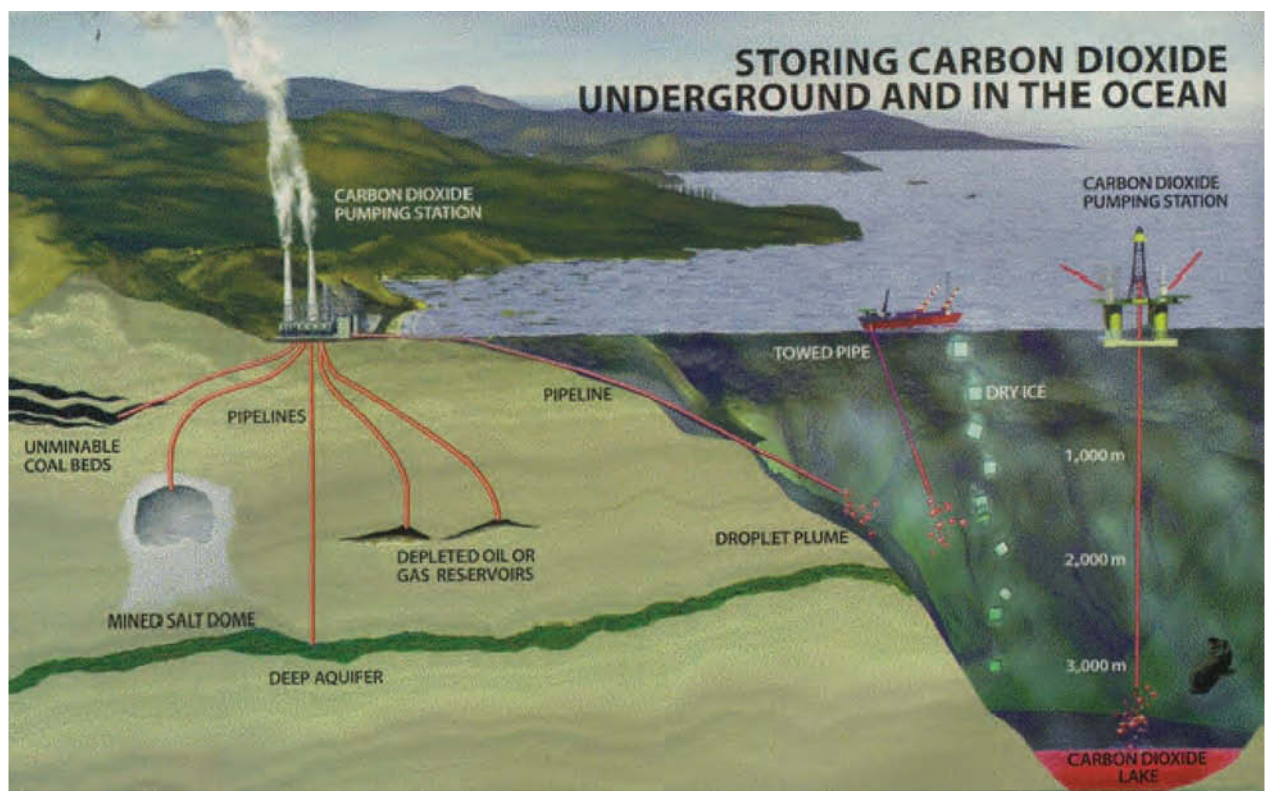
[196] Chisholm u. a. (2001), Seibel, Walsh (2001).

[197] Dies entspricht dem CO_2-Ausstoß von ca. 6 großen Neubaukraftwerken mit CO_2-Abtrennung auf Basis Braunkohle mit einer Betriebszeit von 40 Jahren.

[198] Zum Vergleich: Die Emissionen aus dem Kraftwerkssektor betragen in Europa heute ca. 1 Mrd. t CO_2, in Deutschland ca. 315 Mio. t CO_2.

Abbildung 4-35

Varianten für die CO_2-Deponierung



Quelle: Fleisch, Quigley (2000)

Insgesamt ergeben die gezeigten Speicherpotenziale für Europa ca. 100 Gt CO_2.[199]

(914) Angesichts vieler technischer Unwägbarkeiten sind die Kostenschätzungen für die Einlagerung von CO_2 in tiefe geologische Formationen mit erheblichen Unsicherheiten behaftet. Wirtschaftlich am attraktivsten ist bisher die Injektion von CO_2 in produzierende Lagerstätten zur Erhöhung der Ausbeute (EOR – enhanced oil recovery), eine bereits etablierte Technologie. Hierbei ist jedoch darauf hinzuweisen, dass nur 50 % der verpressten Mengen permanent gespeichert bleibt, der Rest gelangt im Zuge der Ölförderung wieder an die Oberfläche.[200] Die Injektion von CO_2 in Öl- oder Gaslagerstätten, die mit neuen Technologien (oder bei steigenden Preisen) noch eine weitere Ausbeutung gestatten könnten, würden den ökonomischen Wert dieser Lagerstätten verringern.

(915) Die Kostenangaben für die Einlagerung bewegen sich – je nach konkreten Gegebenheiten – zwischen 1,5 und 7 €/t CO_2, bei Nutzung von offshore erschlossenen salinaren Aquiferen bei bis zu 13 €/t CO_2.[201]

(916) Die Kosten von CO_2-Abtrennung und Speicherung werden damit vor allem durch die Kosten der Abtrennung sowie ggfs. des Transports dominiert. Die größten naturwissenschaftlichen und technischen Unsicherheiten sind dagegen der CO_2-Einlagerung zuzuordnen.

4.3.5.7.4 Zusammenfassung

(917) Die Abtrennung und Speicherung von CO_2 aus fossilen Kraftwerken ist eine grundsätzlich machbare Technologie, die allerdings kurzfristig noch nicht zur Verfügung steht. Außerdem bestehen an verschiedenen Stellen der technologischen Kette noch erhebliche Probleme, die gelöst werden müssen (vor allem im Bereich der Speicherung). Insofern ist die CO_2-Abtrennung und Speicherung bisher eher eine mittel- bis langfristige *Vision.*

---

[199] Diese Größe weicht erheblich von den Ergebnissen einer Übersichtsstudie aus den neunziger Jahren ab (Holloway 1996), die Potenziale von ca. 800 Gt CO_2 ausweist. Zu diesem Potenzial von 800 Gt CO_2 tragen insbesondere die Aquifere im britischen und im norwegischen Sektor der Nordsee bei. Dabei wird vorausgesetzt, dass das gesamte Volumen der Aquifere für die CO_2-Speicherung genutzt werden kann. Aus Gründen der Langzeitsicherheit erscheint es jedoch ratsam, sich auf geologische Strukturen zu beschränken, die als Gasfallen geeignet sind. Die Beschränkung auf strukturelle Fallen hat erhebliche geringere (realistischere) Speicherkapazitäten zur Folge. Die in Tabelle 4-61 gezeigten Werte folgen diesem Ansatz (Mai 2002, mdl. Mittlg.).

[200] DOE (1999), DTI (2000b).

[201] Turkenburg, Hendriks (1999), DTI (2000b), Hendriks u. a. (2001), Hassmann (2001).

Tabelle 4-60

Optionen für die CO_2-Speicherung in Deutschland

Speichertyp	CO_2-Speicherkapazität in Deutschland	Vorteile	Nachteile
Stillgelegte Salzbergwerke	Hohlraumvolumen entspricht 30 Mt CO_2	sehr dichte Barriere hohe CO_2-Dichte in geringer Tiefe	Sicherheitsrisiken: Schachtabdichtung, Hohlraumspeicherung Nutzungskonflikt mit Untertagedeponierung hohe Kosten
Stillgelegte Kohlebergwerke	Hohlraumvolumen entspricht 15 % der abgebauten Flöze bis zu 780 Mt CO_2	Nähe zu großen Emittenten	Sicherheitsrisiken: Schachtabdichtung Hohlraumspeicherung Altbergbau Deckgebirge aktiver Bergbau in Verbundbergwerken Nutzungskonflikt Grubengasnutzung
tiefe Kohleflöze	Flözvolumen entspricht 21 600 ± 420 Mt CO_2 Bergbaugebiete ausgenommen 17 300 Mt CO_2 effektiv 3 100 bis 8 300 Mt CO_2	Nähe zu großen Emittenten Ausbeutesteigerung bei Flözgasproduktion potenziell niedrige Kosten	niedrige Injektionsraten in geringdurchlässiger Kohle Beeinträchtigung der zukünftigen Nutzung von Lagerstätten Technologie nur teilweise erprobt
ausgeförderte Ölfelder > 5 Mio. t kumulative Ölförderung	kumulative Produktion entspricht 81 Mt CO_2 einschließlich Reserven 110 Mt	Steigerung der Ölausbeute und Kosteneinsparungen gegenüber anderen EOR-Technologien Speicherqualität gegeben industrielle Praxis geringe Explorationskosten	geringe Lagerstättengrößen andauernde Ölförderung „CO_2-Kontamination" der Lagerstätte in Bezug auf zukünftige Lagerstättenausbeutung (z. B. bei höheren Preisen)
ausgeförderte Gasfelder > 2 Mio. Nm^3 kumulative Gasförderung	kumulative Produktion entspricht 1 770 Mt CO_2 einschließlich Reserven 2 560 Mt CO_2	Erhöhung der Gasförderung in der Endphase der Produktion theoretisch möglich Speicherqualität gegeben	andauernde Erdgasförderung „CO_2-Kontamination" der Lagerstätte in Bezug auf zukünftige Lagerstättenausbeutung (z. B. bei höheren Preisen)
tiefe salinare Aquifere	insgesamt groß (> 16 000 Mt CO_2) effektiv kleiner	weite Verbreitung langfristige Fixierung von CO_2 in Karbonaten	Nutzungskonflikt mit geothermischer Energiegewinnung Speicherqualität weitgehend unbekannt

Quellen: Gerling, May (2001), DTI (2000b), Fleisch, Quigley (2000), Ergänzungen des Öko-Instituts

Tabelle 4-61

Optionen für die CO_2-Speicherung in Europa

Land	Gasfelder	Ölfelder	Kohleflöze	Aquifere[a]
	Mt CO_2			
Deutschland	2 563[d] 2 227[e] 2 340[f]	110[d] 103[e] 60[f]	5 400[d] 622–1 670[c,d]	472[f]
Vereinigtes Königreich	7 451[e] 4 880[f]	3 005[e] 2 660[f]	k. A.	8 810[b,f]
Niederlande	10 709[e] 9 280[f]	54[e] 30[f]	1 015[g] 54–600[c,h]	1 010[f]
Belgien	0	0	k. A.	k. A.
Dänemark	452[e] 460[f]	176[e] 130[f]	0	5 600[f]
Norwegen	9 156[e] 7 190[f]	3 453[e] 3 100[f]	0	10 850[b,f]
Frankreich	880[f]	50[f]	k. A.	1 530[f]
Spanien	40[f]	10[f]	k. A.	1 470[f]
Italien	1 690[f]	130[f]	k. A.	430[f]
Griechenland	k. A.[e] 20[f]	17[e] 10[f]	0	k. A.

Anmerkungen:

[a] Die Unsicherheiten der Abschätzungen der Speicherkapazitäten für Aquifere sind sehr groß. Die Zahlen enthalten zum Teil auch Aquifere, die gering mineralisiertes Wasser führen. Nicht alle Aquifere sind erfasst worden. Die Kapazitäten für verschiedene Länder sind nicht direkt vergleichbar.

[b] Die Zahlen für Norwegen und Großbritannien beinhalten auch Offshore-Aquifere.

[c] Nur Kohleflöze bis in 1 500 m Tiefe berücksichtigt, da die geringe Permeabilität tiererer Flöze die CO_2-Injektion vermutlich erheblich behindert oder unwirtschaftlich macht. Die Werte entsprechen geschätzten Wahrscheinlichkeiten für 10 und 90 %.

Quellen: [d]Daten der BGR, [e]Schuppers u. a. (2002), [f]Holloway (1996), [g]van den Bergen u. a. (2000), [h]van den Bergen (2002); Zusammenstellung durch die BGR

(918) Hinsichtlich der Kosten bilden die Aufwendungen für die CO_2-Abtrennung die größte Position, wenn auch die Transportkosten für Distanzen über 200 km eine wesentliche Bedeutung erlangen können. Die Minderung der Abtrennungskosten (u. a. auch des Energie- und Ressourcenaufwands für die CO_2-Abtrennung) erfordert neue technologische Ansätze und ggfs. den Übergang zu neuen Kraftwerkskonzepten (z. B. IGCC-Kohlekraftwerke mit CO_2-Abtrennung nach der Brenngasproduktion).

(919) Insgesamt ergeben sich aus den identifizierten Bandbreiten Kosten von 40 bis 100 €/t CO_2. Für ein Kohlekraftwerk mit einer Leistung von 500 MW ergeben sich damit zusätzliche Stromerzeugungskosten von 3,5 bis 9 ct./kWh, bei einem entsprechenden Erdgas-Kraftwerk von 1,5 bis 4 ct./kWh. Selbst wenn einzelne Kostenbestandteile erheblich reduziert werden können, verbleibt eine hohe Kostenbelastung, insbesondere, wenn von erheblichen Entfernungen zwischen Kraftwerksstandorten und Speichern ausgegangen wird.

(920) Unter der Restriktion möglichst geringer Transportentfernungen und hinreichend abgesicherter Speicherpotenziale kommen damit bis auf weiteres für die Errichtung von Kraftwerken mit CO_2-Abscheidung vor allem Standorte mit hohen Kraftwerksleistungen und großer Nähe zu Erdgas- und Öllagerstätten (d. h. Norddeutschland, Regionen nahe den Niederlanden) in Frage.

(921) Eine weitere Randbedingung zumindest für die Energiepolitik in Deutschland ergibt sich aus den Zeitfenstern. Selbst unter Maßgabe ambitionierter Forschungs- und Entwicklungsprogramme wird davon ausgegangen, dass kostengünstigere Abtrennungstechnologien und hinreichend abgesicherte Speicheroptionen mit einem Zeithorizont 2020/25 zur Verfügung stehen.[202] Zu diesem Zeitpunkt wird das Kraftwerks-Erneuerungsprogramm in

[202] DOE (1999).

Deutschland in Planung und Umsetzung bereits relativ weit fortgeschritten sein.

(922) Sowohl vor dem Hintergrund der Speicheroptionen als auch der Kosten und der zeitlichen Verfügbarkeit könnte die CO_2-Abtrennung und -Speicherung in einem nachhaltigen Energiesystem mittel- und langfristig eine gewisse Bedeutung erlangen, diese dürfte aber gerade für die deutsche Situation in erheblichem Maße begrenzt bleiben.

(923) Insbesondere gilt dies im Kontext der Ressourcenfrage. Auch wenn davon ausgegangen wird, dass keine unmittelbare Knappheit bei den Energieressourcen bevorsteht, bleibt die Frage, ob bei der Nutzung (auch: geo-)strategisch bedeutsamer Energieträger wie Erdgas Einbußen der Umwandlungseffizienz von bis zu 10 % hingenommen werden können. Vor diesem Hintergrund ergibt sich als Einsatzfeld für die CO_2-Abtrennung und -Speicherung vor allem die Kohleverstromung in Großkraftwerken sowie in der langfristigen Perspektive möglicherweise der Beitrag kohlebasierter Technologien (Vergasung etc.) zu einer Wasserstoffwirtschaft.[203] Aus technologischen und Kostengründen wird sich daher die Anwendung vor allem auf große (Kohle-)Kraftwerke mit hoher CO_2-Produktion und geringen Entfernungen zu den jeweiligen Speicherstandorten beschränken. Mit Blick auf die (bei näherer Analyse und aus derzeitiger Kenntnis) mit ausreichender Sicherheit sowie in akzeptablen Transportentfernungen nur in beschränktem Maße verfügbaren Speicherpotenziale lässt sich der maximale Emissionsminderungsbeitrag von CO_2-Abtrennung und -Speicherung im Umwandlungssektor Deutschlands vorerst auf höchstens 10 % der Emissionen von 1990 beziffern.

(924) Vor diesem Hintergrund ist auch der notwendige Mitteleinsatz für den umfangreichen Forschungs- und Entwicklungsbedarf in diesem Bereich[204] einzuordnen und zu diskutieren.

(925) Neben technischen und wirtschaftlichen Herausforderungen verbleiben auch eine ganze Reihe ökologischer, sozialer, rechtlicher und struktureller Fragestellungen:

– Welche ökologischen Nebeneffekte (Abfall, Ökosysteme, Grundwasser, Langzeitleckagen etc.) sind zu erwarten, welche Sicherheitsrisiken verbleiben?
– Wie entwickelt sich die gesellschaftliche Akzeptanz von CO_2-Abtrennung und -Speicherung?
– Welche Konsequenzen hat dieser technologische Ansatz für das (Umwelt-) Rechtssystem, wann und wie wird CO_2-Abtrennung und -Speicherung im Bereich des Völkerrechts (Klimarahmenkonvention und Nachfolgeregelungen) als gleichwertige Klimaschutzoption anerkannt?
– Passt CO_2-Abtrennung und -Speicherung langfristig strukturell in ein aus Gründen des Wettbewerbs und des Klimaschutzes verändertes Energiesystem?

[203] Williams (2002).
[204] Vgl. dazu ausführlich DOE (1999), DTI (2000 b).

(926) CO_2-Abtrennung und -Speicherung bilden damit eine potenzielle Option für die mittlere bis langfristige Perspektive, stehen aber unter dem Vorbehalt

– erheblicher technischer Innovationen,
– der Absicherung und Ausweitung des Kenntnisstandes über die verschiedenen Speicheroptionen,
– der ökologischen Verträglichkeit sowie
– sozialer Akzeptanz.

Diese Option wird damit in jedem Falle nur einen quantitativ und zeitlich sowie regional deutlich begrenzten Wirkungsbeitrag zum Klimaschutz erbringen können.

4.3.6 Erneuerbare Energieträger im Strom- und Wärmemarkt[205, 206]

Einführung

(928) Die regenerativen Energiequellen bieten ein – gemessen an menschlichen Zeitmaßstäben – unerschöpfliches Energiepotenzial, das den derzeitigen Energieverbrauch um viele Größenordnungen übersteigt. Von den drei regenerativen Energiequellen, solare Strahlung, Geothermie und Gezeitenkraft, ist die Sonnenenergie bei weitem die Größte. Die drei regenerativen Energiequellen mit ihren direkten und indirekten Nutzungsmöglichkeiten sind grundsätzlich in der Lage, alle heute und in Zukunft benötigten Sekundärenergieträger bzw. Nutzenergieformen Wärme, Strom oder Brennstoffe bereitzustellen.

(929) Die Nutzung der erneuerbaren Energiepotenziale kann durch sehr unterschiedliche Technologien erfolgen:

– Durch Nutzung von Biomasse können Strom, Wärme und Brennstoffe (auch Kraftstoffe für den Verkehr) bereitgestellt werden.
– Solarthermische Kraftwerke und Photovoltaische Systeme liefern Strom aus dem Sonnenlicht.
– Solare Kollektoren erlauben die Bereitstellung von Wärme und Kälte für Haushalte, Gewerbe und Industrie.
– Wind- und Wasserkraftwerke erzeugen Strom aus der Kombination von Strahlungsenergie und Gravitation.
– Solare Architektur stellt ein angenehmes „Ambiente“ für das Wohnen, Leben und Arbeiten bei minimiertem Energiebedarf durch integrierte Planung und intelligente Verknüpfung technischer und „natürlicher“ Komponenten bereit.
– Geothermische Kraftwerke und Wärmepumpen stellen bisher ungenutzte Wärmepotenziale zur Erzeugung von Strom, zur Beheizung und Kühlung zur Verfügung.

(930) Die Frage, warum regenerative Energiequellen, wenn sie über so hohe Potenziale und so vielfältige Nut-

[205] Minderheitsvotum des Kommissionsmitglieds der PDS einschließlich des von ihr benannten Sachverständigen Prof. Dr. Jürgen Rochlitz zu Kapitel 4.3.6 siehe am Ende des Kapitels.
[206] Sondervotum des Sachverständigen Prof. Dr. Jürgen Rochlitz zu Kapitel 4.3.6 siehe am Ende des Kapitels.

zungsmöglichkeiten verfügen, heute nicht den überwiegenden Teil der Energieversorgung bereitstellen, ist historisch, technisch und wirtschaftlich erklärbar. Mit der zunehmenden Verfügbarkeit billiger fossiler Brennstoffe (vor allem Öl und Erdgas ab den 50er Jahren des letzten Jahrhunderts) und sicherer Wandlungstechnologien ist die Nutzung erneuerbarer Technologien zurückgegangen und sind diese Technologien eine Zeit lang nicht mehr fortentwickelt worden. Es sei daran erinnert, dass die Elektrifizierung nur mit Hilfe der Wasserkraft möglich war.

(931) Des weiteren hat ein Teil der Nutzungsmöglichkeiten der erneuerbaren Energietechnologien zwei Grundprobleme, die ihre Nutzung bisher erschwert haben: Die geringe Leistungsdichte sowie ihre Schwankungen im Energiedargebot. Für alle Biomasse- und Geothermie-Anwendungen und einen Teil der Nutzung der Wasserkraft gilt dies allerdings nicht; sie sind – technisch gesprochen – grundlastfähig. Durch die Kombination von fluktuierenden mit ständig verfügbaren erneuerbaren Energiequellen können jahres- oder tageszeitliche Schwankungen ausgeglichen werden. Zudem können mittel- und langfristig durch Einsatz von Informationstechnologie (vgl. Kapitel 4.3.7), geeignetem Angebots- und Verbrauchsmanagement, Speichersystemen und Sekundärenergieträgern Angebots- und Lastkurven aneinander angepasst werden.

(932) Den beiden Nachteilen stehen jedoch entscheidende Vorteile gegenüber: Die Tatsache, dass regenerative Energiequellen global gesehen viel homogener verteilt sind als fossile oder nukleare Energiereserven, hat große Bedeutung für die Importabhängigkeit und die Außenhandelsbilanz vieler Staaten; einzelne Entwicklungsländer sind davon besonders betroffen, da sie einen beachtlichen Teil ihrer Devisen für Energieimporte ausgeben (vgl. Kapitel 6.2). Der zweite Vorteil ist die häufig kostenlose Bereitstellung der jeweiligen Energiequelle durch die Natur. Bei ausreichender Lebensdauer der Anlagen und bei weiter steigenden Energiepreisen kann dadurch – je nach Technik, technischem Entwicklungsstand und Randbedingungen des Einsatzortes – nicht nur ein wesentlicher Kompensationsbeitrag zu den anfänglich noch höheren Investitionskosten erwirtschaftet werden, sondern in der Energiebilanz können auch schnell die energetischen Aufwendungen für die Anlagen durch Erträge ausgeglichen werden. Die Gefahr einer negativen Nettoenergiebilanz besteht bei keinem regenerativen Energiewandler mehr. Die „energetische Rücklaufzeit“ beträgt für eine Windkraftanlage ca. 6 Monate und selbst bei der Photovoltaik, der Technologie mit der derzeit noch ungünstigsten Bilanz, wird durchschnittlich mehr als das Sechsfache (mit steigender Tendenz) bei monokristallinen Zellen, bei Dünnschichtzellen das ca. 10–12-fache der Energie geerntet, die zur Produktion der Anlagen notwendig war.

(933) Der heute am stärksten ins Gewicht fallende Vorteil ist jedoch die Tatsache ihrer Umweltverträglichkeit im Betrieb: Regenerative Energiesysteme emittieren keine gefährlichen Stoffe, kein zusätzliches CO_2 und bieten keinerlei Potenzial für kriegerische oder terroristische Gefahren oder Missbräuche. Bei der Produktion der technischen Komponenten bemüht man sich intensiv um eine hohe Umweltverträglichkeit.

(934) Der Marktanteil der regenerativen Energietechniken zeigt (1990–1999) einen Aufwärtstrend. In der Tabelle 4-62 und Abbildung 4-36 sind die Anteile erneuerbarer Energieträger in Europa bis Mitte der neunziger Jahre dargestellt.

(935) In den Ländern mit einem hohen Anteil erneuerbarer Energien ist es entgegen landläufigen Vorurteilen nicht alleine die Wasserkraft, die zu dieser hohen Versorgung beiträgt. In Europa ist inzwischen die Biomasse (mit einem Anteil von 64 %) die meist genutzte erneuerbare Energiequelle. Solarthermie und in den letzten Jahren Windenergie liefern zunehmende größere Beiträge zur Energieversorgung Europas.

(936) In allen Ländern Europas steigt in den letzten Jahren der Anteil der erneuerbaren Energietechnologien am Markt. Für Europa ist im Weißbuch der EU das Ziel gesteckt worden, den Anteil der erneuerbaren Energien in der EU auf 12 % des Bruttoinlandsenergieverbrauchs der EU bis zum Jahre 2010 zu steigern. Shell schätzt für 2050 einen Anteil der erneuerbaren Energiequellen am Weltmarkt von ca. 50 %. Trotz dieser positiven prognostizierten Entwicklung sind aber noch viele Anstrengungen zu unternehmen, um alle Nutzungsmöglichkeiten der erneuerbaren Energiequellen technisch und ökonomisch weiterzuentwickeln und damit eine langfristig zukunftsfähige Energieversorgung zu realisieren.

(937) Das Hauptargument gegen erneuerbare Energien wird oft in ihrer „mangelnden Wirtschaftlichkeit“ gesehen. Die Enquete-Kommission hat bereits in ihrem Ersten Bericht betont, dass dem Prinzip der Internalisierung externer Kosten für eine nachhaltig-zukunftsfähige Energieversorgung eine zentrale Bedeutung zukommt. In der Abbildung 4-37 sind in einer Gesamtsystembetrachtung die Bandbreiten heutiger Stromgestehungskosten und externer Kosten für fossile und nukleare Energieträger und erneuerbare Energietechnologien zusammengestellt.

(938) Das weltweite Energiesystem wird sich nur dann in Richtung Nachhaltigkeit entwickeln, wenn die Energiepreise zunehmend mehr – zumindest in der Dimension – die „ökologische Wahrheit“ abbilden. Die methodischen Probleme bei der Bestimmung externer Kosten (z. B. Monetarisierung von ästhetischen, kulturellen und emotionalen Werten) machen wiederum deutlich, dass diese Betrachtung eine politische Diskussion nicht ersetzen kann. Dennoch werden die energiewirtschaftlichen Akteure dadurch in ihrem normalen Verständnis von Wirtschaftlichkeit zu neuen Entscheidungen kommen. Mit der Frage, welchen Beitrag die Vergütungen nach dem Erneuerbaren-Energien-Gesetz (EEG) zur (indirekten) Internalisierung externer Kosten leisten, setzen sich zwei aktuelle Beiträge auseinander.[207]

4.3.6.1 Biomasse

Nutzungsformen

(939) Biomasse ist chemisch gespeicherte Sonnenenergie. Ihre Nutzung ermöglicht die Bereitstellung von Wärme, Strom und Kraft (Abbildung 4-38).

[207] Hohmeyer (2002), BMU (1999).

Tabelle 4-62

Anteil erneuerbarer Energieträger am Bruttoinlandsverbrauch

Land (Primärenergie in %)	1990	1995	1996	1997	1998	1999
Schweden	24,6	25,6	22,7	26,6	28,6	26,9
Österreich	22,5	23,2	23,3	23,4	22,6	23,4
Finnland	18,5	21,4	19,8	20,7	22,1	22,4
Portugal	15,2	13,3	16,6	15,4	13,6	11,4
Frankreich	7,0	7,6	7,2	6,8	6,7	7,0
Dänemark	6,3	7,3	6,8	8,0	8,4	9,1
Spanien	6,7	5,7	7,2	6,5	6,4	5,3
Italien	5,4	5,6	6,0	7,9	7,7	7,8
Griechenland	5,0	5,4	5,4	5,3	5,0	5,5
Irland	1,6	2,0	1,6	1,6	2,0	1,8
Deutschland	1,7	2,1	2,1	2,5	2,8	2,9
Belgien	1,6	1,6	1,5	1,4	1,5	1,5
Luxemburg	1,3	1,4	1,2	1,4	1,5	1,3
Niederlande	1,2	1,3	1,6	2,1	2,3	2,4
Großbritannien	0,5	0,9	0,8	0,9	1,0	1,1
EU-15 Summe	5,0	5,5	5,5	5,9	6,0	6,0

Quelle: Kommission der europäischen Gemeinschaften, Nov. 1997 und Nov. 1998

Abbildung 4-36

Anteil erneuerbarer Energieträger am Bruttoinlandsverbrauch

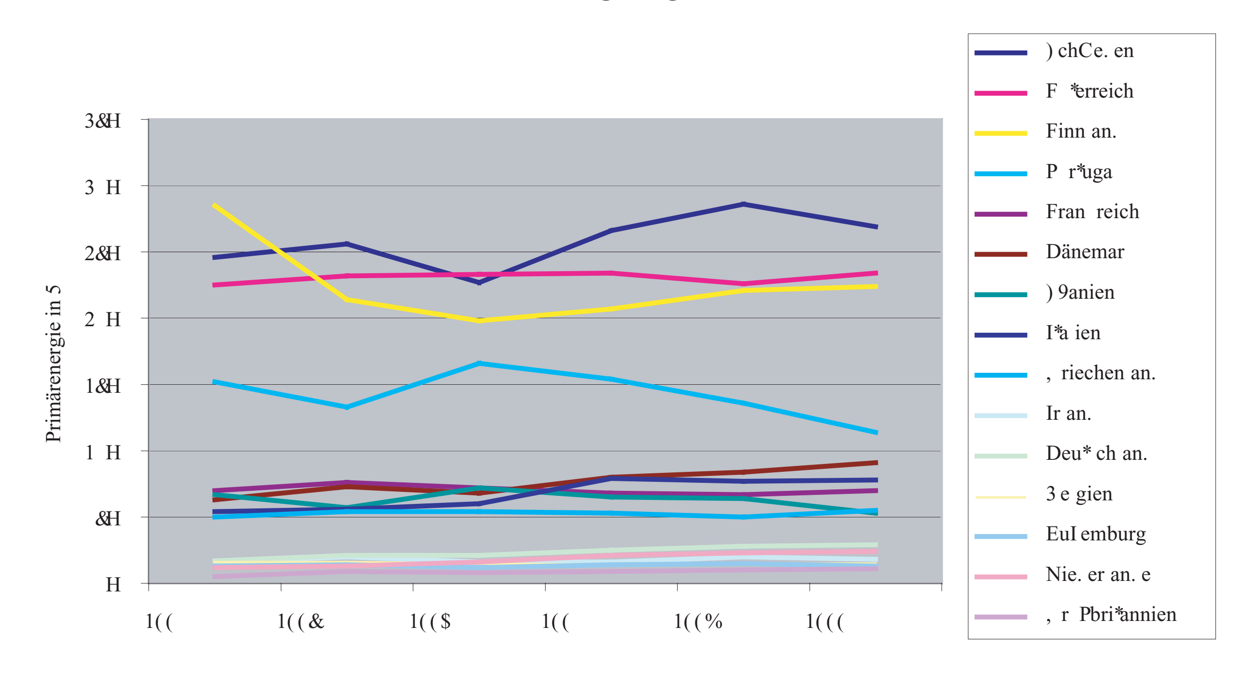
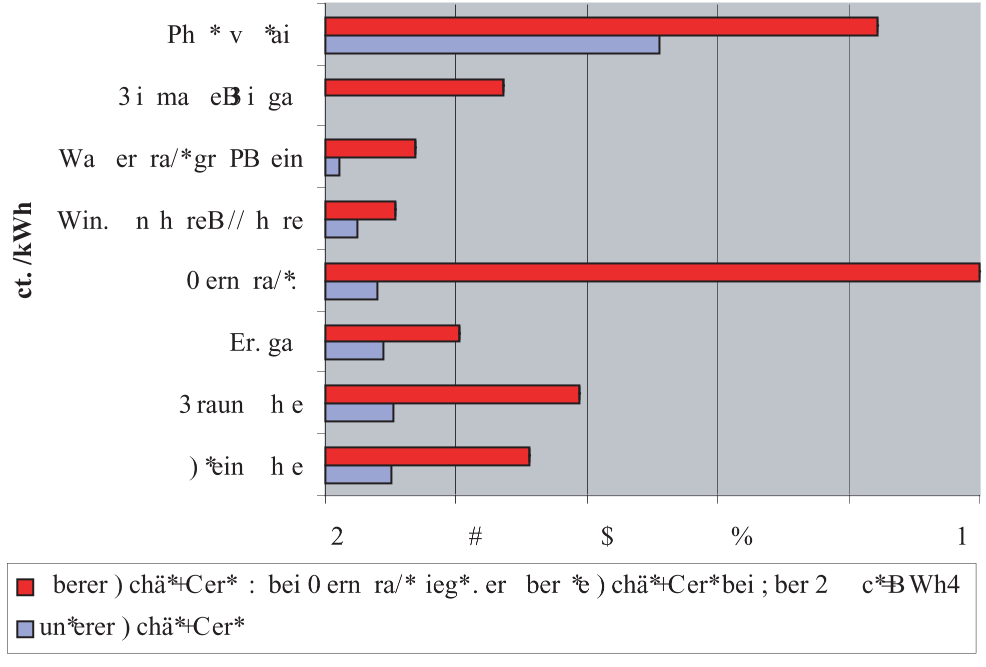


Abbildung 4-37



Minimale und maximale Stromgestehungskosten (Erzeugungskosten + externe Kosten) für neu zu errichtende Stromerzeugungsanlagen (Stand 2002)



Quelle: Daten des RWI

(940) Die Einsatzmöglichkeiten von Biomasse sind äußerst flexibel und denen von Erdöl und Erdgas vergleichbar. Biomasse kann aus verschiedenen Quellen stammen: z. B. Restholz aus Durchforstung, Abfallholz bei der industriellen Verarbeitung, Ernterückstände wie Reststroh, Reststoffe aus der Tierhaltung und Biogas aus sonstigen organischen Reststoffen. Eine weitere Quelle ist der gezielte Anbau von Energiepflanzen.

(941) Soll Biomasse als erneuerbare Energiequelle genutzt werden, darf nur so viel verbraucht werden, wie gleichzeitig, möglichst in der Region der Nutzung, wieder nachwächst. Die Biomasse hat gegenüber anderen regenerativen Energiequellen den Vorteil, dass sie direkt speicherbar und transportierbar ist, weshalb sie in ihrer Nutzung keinen zeitlichen und nur in einem begrenzten Ausmaß räumlichen Beschränkungen unterliegt.

Technischer Stand und Entwicklungslinien

(942) Die verschiedenen Verfahren zur energetischen Nutzung der Biomasse befinden sich derzeit in unterschiedlichen Entwicklungsstadien.

(943) Der technische Stand von Kleinanlagen zur energetischen Nutzung fester Biomasse konnte in den letzten Jahren, beeinflusst durch die Entwicklung in verschiedenen europäischen Ländern, durch die Hersteller deutlich verbessert werden. Insbesondere Emissionsverhalten, Bedienungsfreundlichkeit und Automatisierung haben deutliche Fortschritte gemacht. Mit der Markteinführung von Pelletfeuerungen und automatischen Holzhackschnitzelfeuerungen wurde ein wesentlicher Schritt zur Erschließung neuer Marktsegmente getan.

(944) Im Bereich der größeren Anlagen, namentlich der Kraftwerke und Kraft-Wärme-Kopplungs- (KWK-) Anlagen, war in den letzten Jahren keine wesentliche weitere Entwicklung zu verzeichnen. Die heute unter dem Anreiz des Gesetzes für den Vorrang Erneuerbarer Energien (EEG) in Verbindung mit der Biomasse-Verordnung entstehenden Anlagen beruhen weit überwiegend auf dem klassischen Dampfkraftprozess. Die eingesetzten Feuerungssysteme sind Stand der Technik, Alternativen zum klassischen Dampfkraftprozess befinden sich in der Entwicklung.

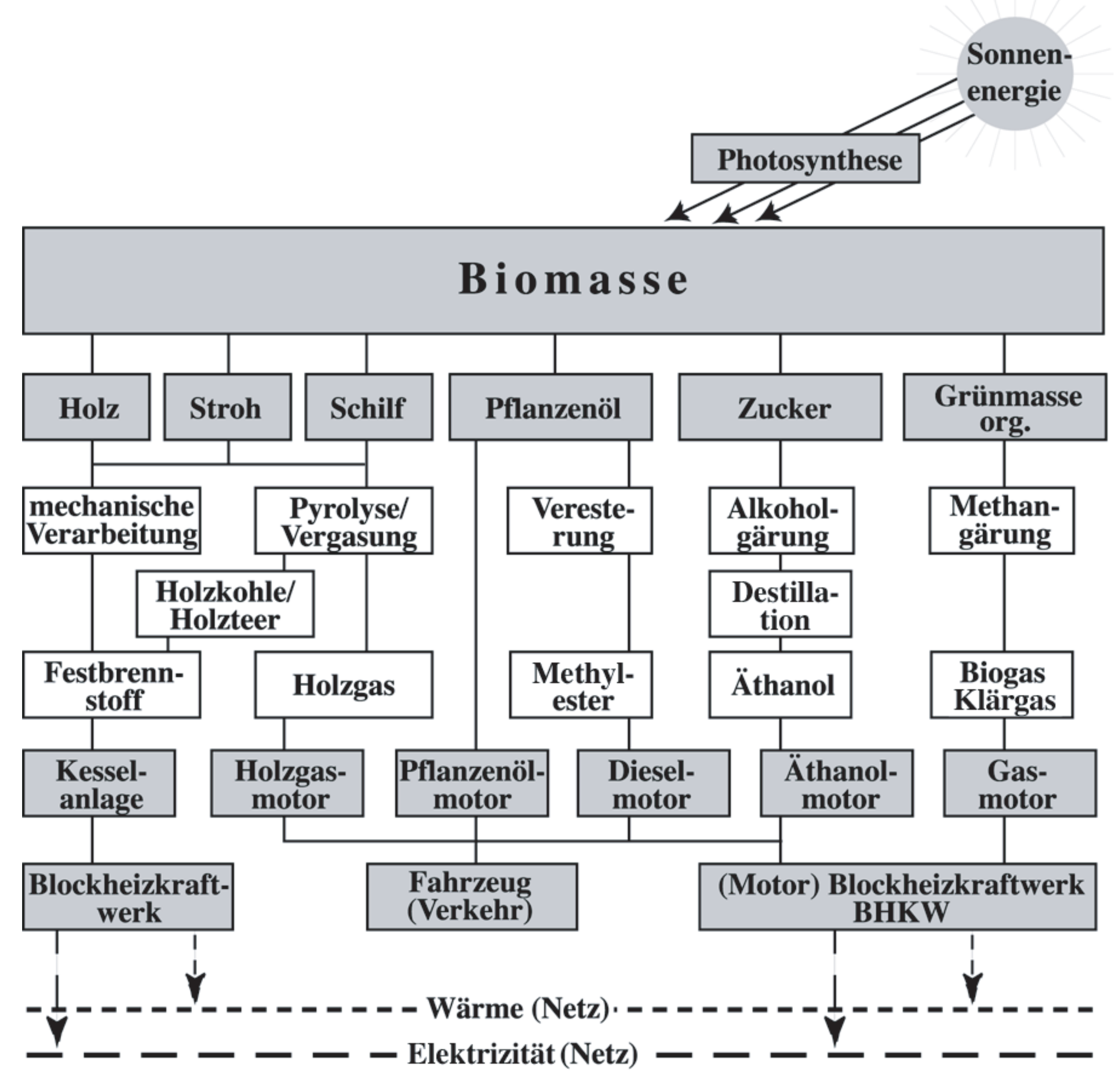
(945) Im Bereich der Vergasung von Biomasse sind unterschiedliche Vergasungstechniken zum Betrieb von Motoren, Brennstoffzellen und Gasturbinen im Einsatz.

(946) Technische Weiterentwicklungen sind im Bereich von keramischen Gasturbinen im Leistungsbereich zwischen 100 bis 500 kW zu erwarten, bei denen Biomasse in pulverisierter Form als Brennstoff eingesetzt wird. Andere Bestrebungen werden dahin gehen, Biomasse in großen Heizzentralen und zum Betrieb von Stirlingmotoren einzusetzen.

(947) Das Prinzip der thermochemischen Vergasung lässt erwarten, dass höhere elektrische Wirkungsgrade als beim klassischen Dampfkraftprozess möglich sind. Durch die Erzeugung eines intermediären Energieträgers stehen zudem mehr Konversionsapparate (z. B. Gasturbine, Brennstoffzelle) mit höherem Wirkungsgrad als beim klassischen

Abbildung 4-38

Nutzungsmöglichkeiten der Biomasse zur End-Nutzenergiebereitstellung.



Quelle: Lehmann, Reetz (1995)

Dampfkraftprozess zur Verfügung. Hier bestehen noch erhebliche Entwicklungspotenziale in Richtung optimierter Vergasungstechnik, Abgasreinigungsmethoden, Automation und Kontrolle sowie Emissionsminderung. Außerdem ist es möglich, das Gas, das aus der Vergasung kommt, als Synthesegas zur Herstellung flüssiger Energieträger wie Synthese-Kraftstoffe oder Methanol zu nutzen. Mit einer Markteinführung erster thermochemischer Vergasungsverfahren ist voraussichtlich innerhalb der nächsten Dekade zu rechnen.

(948) Neben der Wärmeerzeugung aus fester Biomasse hat die anaerobe Vergärung zur Erzeugung von Biogas eine starke Verbreitung gefunden. Derzeit wird eine Vielzahl von landwirtschaftlichen Biogasanlagen in einem weiten Leistungsbereich betrieben. Oberhalb einer bestimmten Größenordnung haben Biogasanlagen auch einen hohen Automatisierungsgrad erreicht. Biogasverfahren können heute zum Stand der Technik gerechnet werden.

(949) Die Entwicklung und Umsetzung von Biogasverfahren beruht weitgehend auf Empirie und Erfahrung. Eine umfassende wissenschaftliche Auseinandersetzung mit der Biogasgewinnung aus Biomasse hat in der Vergangenheit nicht stattgefunden, nur wenige wissenschaftliche Einrichtungen beschäftigen sich mit der Erforschung der Biogasproduktion. Rein empirische Verfahrensweisen ohne ein detailliertes Verständnis der zugrunde liegenden Vorgänge

stoßen bei der Prozessoptimierung an Grenzen. Hier gilt es, den wissenschaftlichen Kenntnisstand der Praxis anzupassen und mehr Forschungsgruppen für den Bereich Biogas zu interessieren.

(950) Für die Einleitung von Biogas in Erdgasnetze und die Nutzung als Kraftstoff muss Biogas aufbereitet werden. Gasaufbereitungsverfahren, die diese Aufbereitung leisten können, sind grundsätzlich bekannt. Diese marktgängigen Gasaufbereitungsverfahren sind kostenintensiv und belasten die Wirtschaftlichkeit von Biogasanlagen erheblich. Ein FuE-Schwerpunkt der Zukunft stellt deshalb die Weiter- und Neuentwicklung von Gasaufbereitungsverfahren mit dem Ziel dar, die Investitions- und Betriebskosten zu reduzieren.

(951) Fettsäuremethylester (FAME) kann bei der Einhaltung der entsprechenden Kraftstoffspezifikationen heute ohne größere Probleme in den meisten Dieselmotoren eingesetzt werden. Viele Automobilproduzenten haben ihre Modelle für FAME aus Rapsöl freigegeben. Pflanzliche Treibstoffe können auch in Spezialmotoren zum Einsatz kommen. Sofern bestimmte Kraftstoffspezifikationen eingehalten werden, ist der Einsatz von Ölen in Verbrennungsmotoren möglich.

(952) Weitere Treibstoffe auf biogener Basis befinden sich im Entwicklungsstadium. Eine Entwicklungslinie beschäftigt sich mit der Nutzung der Biomasse für die Herstellung von Wasserstoff als zukünftigem Kraftstoff für den Verkehr. Wasserstoff kann aus Biomasse über einen Vergasungsprozess erzeugt werden. Die dafür notwendige Anlagentechnik befindet sich in der Entwicklung. Wasserstoff als Kraftstoff lässt sich sowohl in Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor wie auch in künftigen Fahrzeugen mit Brennstoffzellen als Stromlieferant einsetzen.

Stand der Nutzung

(953) Weltweit wurden 1999 etwa 53 800 PJ/a, dies sind 15 % des Primärenergieverbrauchs der Welt, durch Biomassenutzung bereitgestellt. Dabei sind die Nutzungen in Teilen Afrikas und Asiens nicht als nachhaltig zu betrachten, da mehr verbraucht wird als nachwächst. Im Bereich der Elektrizitätserzeugung wird für das Jahr 1999 eine weltweit installierte Leistung von 14 000 MW angegeben, 50 % davon in den USA.[208]

(954) Der Beitrag der Biomasse zur Deckung des EU-Primärenergieverbrauchs umfasste 1997 etwa 3,8 %. In Österreich (12 %), Schweden (18 %) und in Finnland (23 %) liegt ihr Anteil deutlich über dem EU-Durchschnitt (Tabelle 4-63). Damit leistet die Biomasse gegenwärtig den größten Beitrag zur Bereitstellung erneuerbarer Energie in der EU. Etwa 64 % des Anteils der regenerativen Energien am Primärenergieverbrauch werden aus Biomasse gewonnen. Von 1995 bis 1998 ist die aus Biomasse bereitgestellte Primärenergie in der EU um 13,5 % gewachsen, wobei der Zuwachs in verschiedenen Mitgliedsländern deutlich höher ausfiel.[209]

[208] UNEP (2001).

[209] Rösch (2001).

(955) Bei der Analyse der Nutzung in Deutschland ist zu beachten, dass die Nutzung im Stromsektor gut erfasst ist, im Wärmesektor – insbesondere bei den Kleinfeuerungsanlagen – aber nur grobe Schätzungen möglich sind (Tabelle 4-64). Entsprechend breit sind daher die Schätzungen des Beitrags der Biomasse, sie reichen von 100 bis 200 PJ/a.

(956) Biomasse deckt heute etwa 1,7 % des Primärenergieverbrauchs der BRD ab (Tabelle 4-64). Ihr Anteil am Endenergieverbrauch für die Wärmeerzeugung beträgt ca. 3 %, Biodiesel deckt heute schon 0,55 % des Kraftstoffverbrauchs und ca. 0,3 % der Stromproduktion. All diese Zahlen unterliegen einem starken Wachstum. Alleine in der Zeit von Herbst 1999 bis Ende 2000 sind durch das Marktanreizprogramm mehr als 12 000 Kleinanlagen für Holz(pellet)heizungen unterstützt worden. Durch die Förderung der letzten Jahre ist die Anzahl der Biogasanlagen von ca. 200 in 1994 auf 1 650 Anlagen Ende 2001 gestiegen. Hier ist mit einem durchschnittlichen zukünftigen Wachstum von ca. 200 Anlagen pro Jahr weiter zu rechnen. Die mittlere Anlagengröße ist in diesem Zeitraum ebenfalls angestiegen. Auch bei der Verbreitung der Nutzung von Pflanzenölen (insb. in der Landwirtschaft) ist in den nächsten Jahren mit einer deutlichen Steigerung zu rechnen.[210]

Potenziale der Biomasse

(957) Potenzialstudien zur Biomasse weisen eine hohe Bandbreite auf. Grund für diese Bandbreite sind u. a. unterschiedliche Basisdaten zur Flächennutzung, unterschiedliche Annahmen über die Menge der als Reststoffe zu nutzenden Anteile aus der landwirtschaftlichen und forstwirtschaftlichen Produktion und unterschiedliche Zusammensetzungen der Fraktionen der Biomassegewinnung. Hall[211] ermittelt in einer Studie ein gesamtes Weltpotenzial von 298 365 PJ/a, davon in Europa 15 188 PJ/a. Kaltschmitt[212] errechnet ein energetisches Potenzial der Biomasse von 103 800 PJ/a, davon in Europa 8 900 PJ/a. Der Grund für die deutlich geringere Einschätzung des Gesamtpotenzials bei Kaltschmitt liegt in der Einschätzung des Beitrages der Energiepflanzen. Hier ist der von Hall angegebene Wert etwa sieben mal so groß wie das von Kaltschmitt ermittelte Potenzial. Diese Unterschiede ergeben sich einerseits aus dem grundsätzlich niedrigeren Potenzialansatz für Energiepflanzen bei Kaltschmitt, andererseits auch aus den, im Vergleich zu Afrika, sehr niedrigen Werten für Nordamerika, Asien, die ehemalige UdSSR und Europa.

(958) Eine von Eurosolar durchgeführte Studie zum Potenzial der Sonnenenergie in der EU12 weist für die Biomasse ein energetisches Potenzial von 5 636 PJ/a aus. Dieses Potenzial liegt etwa 13 % über den Werten, die Kaltschmitt und Kollegen im Jahr 1998 für die EU15 mit 6 440 PJ/a ermittelt haben. Dabei weist die eine Studie für

[210] Staiß (2001), BMU (2002).

[211] Hall u. a. (1993).

[212] Kaltschmitt (2000): http://www.biomasse-info.net .

Tabelle 4-63

Nutzung fester Bioenergieträger in der Europäischen Union zur Wärme- und Stromerzeugung, differenziert nach Ländern

	1995				1997 (eventl. neuere Zahlen)			
	Strom	Wärme	Gesamt	Anteil am PEV	Strom	Wärme	Gesamt	Anteil am PEV
	in PJ/a			in %	in PJ/a			in %
Belgien & Luxemburg	6,7	10,5	17,2	0,7	16,4	11,4	27,8	1,1
Dänemark	31,1	23,7	54,8	6,5	41,5	23,0	64,5	7,1
Deutschland	71,6	111,5	183,2	1,3	74,0	173,2	247,1	1,7
Finnland	51,0	154,1	205,1	22,4	56,5	182,0	238,6	23,6
Frankreich	38,4	371,2	409,5	4,1	48,5	390,0	438,5	4,3
Griechenland	0,0	58,5	58,5	5,3	0,0	38,1	38,1	3,4
Irland	0,0	6,8	6,8	1,6	0,9	5,9	6,8	1,4
Italien	13,4	135,1	148,5	2,3	13,7	267,7	281,4	4,3
Niederlande	23,3	15,8	39,1	1,1	43,8	16,3	60,2	1,7
Österreich	15,6	111,4	127	13,1	32,3	114,6	146,9	14,0
Portugal	5,8	93,3	99,1	13,3	6,4	94,3	100,7	13,0
Schweden	65,3	209,5	274,8	15,3	95,1	217,1	312,3	17,4
Spanien	21,6	140,7	162,3	3,9	23,5	135,1	158,6	3,5
Vereinigtes Königreich	26,5	12,6	39,1	0,4	35,5	33,1	68,6	0,7
EU 15	370,3	1 454,8	1 825,2	3,2	488,2	1701,8	2 190,0	3,8

Quelle: EU, Annual Energy Review der DG XVII (European Union) (1999), BP (2001)

Tabelle 4-64

End- und Primärenergiebereitstellung aus Biomasse 2000

Energieart	Endenergie GWh	Primärenergie GWh
Stromerzeugung aus festen Brennstoffen	246	640
Stromerzeugung aus flüssigen Brennstoffen	4	10
Stromerzeugung aus Biogas	600	1 560
Stromerzeugung aus Klärgas	49	127
Stromerzeugung aus Deponiegas	727	1 889
Wärme aus festen Brennstoffen	41 600	45 217
Wärme aus gasförmigen Brennstoffen	720	783
Wärme aus flüssigen Brennstoffen	63	68
Kraftstoffe (Biodiesel)	3 718	4 041
Summe	47 727	54 335

Quellen: Staiß 2001, BMU (2002)

Deutschland ein Potenzial von 769 PJ/a nach und die andere ein Potenzial von 864 PJ/a.[213]

(959) Die Potenziale, die für die Szenarien der Enquete-Kommission ermittelt wurden, sind in der Tabelle 4-65 dargestellt.

(960) Neuere Untersuchungen zum Potenzial der Biomasse in Deutschland – basierend auf Daten von Kaltschmitt und dem Verbundprojekt „Global zukunftsfähige Entwicklung – Perspektiven für Deutschland“ der Helmholtz Gesellschaft – stammen aus dem Jahr 2001.[214] Die hier aufgezeigten Bandbreiten belaufen sich auf 806 PJ bis 1 187 PJ für die betrachteten Biomassefraktionen.

Kosten und Kostenentwicklung

(961) Detaillierte Informationen zu den technischen Daten, den Investitionskosten sowie den Stromgestehungskosten der unterschiedlichen Technologien zur Strom- und Wärmeproduktion aus Biomasse sind im Rahmen der vorbereitenden Arbeiten (Basisdaten) für die Szenarien durch die Gutachter und die Enquete-Kommission erarbeitet worden.[215]

(962) Bis zum Jahr 2010 werden für die Wärme- bzw. Stromproduktion aus Biomasse Kostensenkungen zwischen 5 % bis 60 % in der Literatur angegeben. Die möglichen Kostensenkungen sind für die einzelnen Techniken sehr unterschiedlich. So werden für C4-Pflanzen und Holz sowie Deponiegas lediglich Kostenreduktionen von 5 % bis 15 % angenommen. Diese Techniken sind weitestgehend ausgereift und lassen deshalb keine signifikanten Preissenkungen mehr erwarten. Größere Kostenreduktionen von 20 % bis 60 % werden für die Techniken Biogas, flüssige Bio-Brennstoffe, C3- und Energiepflanzen gesehen.

(963) Die Preisreduktion wird in Zukunft einer „Lernkurve“ folgen. Eine „Lernkurve“ bildet die durch die Erhöhung der Produktion und der Vergrößerung des Marktes sich ergebende Preisreduktion aus Erfahrung, Massenproduktion und technischer Fortentwicklung ab. Im Bereich des Maschinenbaus zeigt die Auswertung historischer Daten eine typische Kostenreduktion von 10 % bei einer Verdoppelung des Marktes. Der Lerneffekt und damit die Kostenreduktion kann am Anfang einer Markteinführung viel höher sein. Da bei der heutigen Biomassenutzung viele bekannte Technologien genutzt werden, kann man keine überproportionalen Lerneffekte erwarten. Sicherlich sind die Biomasse-Vergasungsanlagen noch am Anfang ihrer Entwicklung, es kann daher angenommen werden, dass hier Preisreduktionen von 15 % bei einer Marktverdoppelung zu erwarten sind. Dieser Lernkurven-Ansatz kann

Tabelle 4-66

Geschätzte Kostenreduktion für Strom und Wärme aus Biomasse

Art	Brennstoff	Kostenreduktion bis 2010
Wärme	C4-Pflanzen	ca. 5 %[1]
	Biogas	40–45 %[2]
	flüssige Bio-Brennstoffe	20–60 %[3]
	Restholz	10 %[2]
Strom	Deponiegas	ca. 15 %[3]
	C3-Pflanzen	ca. 40 %[1]
	Energiepflanzen	25–50 %[3]

1 Reetz, T., LTI-Research-Team, 10/1995.
2 Altner u. a. (1995).
3 Teres II (1996).

Tabelle 4-65

Das Potenzial der Biomasse in Deutschland

Biomasse	Energieerzeugung				
	PJ/a elektrisch		PJ/a thermisch		
	Min.	Max.	Min.	Max.	
feste Restsstoffe	64,8	90,0	201,6	370,8	Heizwert Brenn-/Resthölzer, Reststroh
Anpflanzung (Brennstoff)	43,2	61,2	180,0	244,8	1,5 Mio. ha, 190 GJ/ha, a
Vergärung org. Reststoffe	32,4	54,0	46,8	79,2	Bio-, Klär- und Deponiegas

Quelle: Enquete (2001)

213 Eurosolar (1993), Kaltschmitt u. a. (1998).
214 Kaltschmitt, Hartmann (2001), FZK u. a. (2002).
215 Eine Übersicht dazu im Zwischenbericht Szenarienstudie.

keine Aussagen machen über jene Technologien, die noch in der Entwicklung sind und deren technologische und wirtschaftliche Rahmenbedingungen noch nicht bekannt sind.

4.3.6.2 Solare Stromerzeugung – Photovoltaik

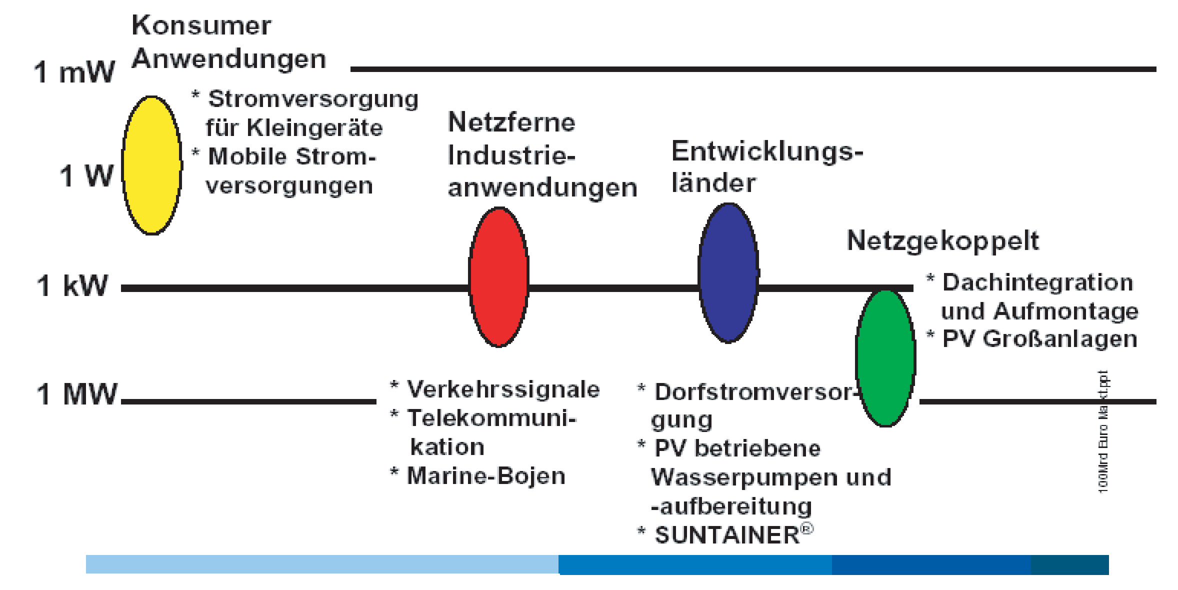
(964) Solarzellen wandeln Licht mittels des „photoelektrischen Effekts“ in Halbleitermaterialien direkt in Strom um. Verbindet man mehrere Solarzellen elektrisch miteinander, erhält man die nächst größere Einheit photoelektrischer Energiewandlung, ein Solarmodul. Dieses Modul wird durch Glas und/oder Kunststoff vor äußeren Einflüssen geschützt. Meistverwandtes Material für die Solarzellen ist heute noch Silizium in monokristalliner, multikristalliner oder amorpher Struktur. Neuere Produktionsanlagen – z. Zt. im Pilotbetrieb – stellen aber in größerem Umfang sog. Dünnschichtzellen(-module) auf der Basis von Kupferindiumdiselenid, Kupferindiumsulfid bzw. Cadmiumsulfid (CIS/CdS-Technologien: EPV/MVV AG, Würth/Marbach, etc.) oder Cadmiumtellurit (BP Solar, Antec/Rudisleben) her.

(965) Ein spezifischer Vorteil von Solarzellen ist ihre praktisch beliebige Modularität: sie können in unterschiedlichsten Größen eingesetzt werden, angefangen von kleinsten Einheiten mit wenigen (milli)Watt Leistung in Taschenrechnern und Uhren bis hin zu großen Anlagen mit mehreren Megawatt Leistung (Abbildung 4-39).

(966) Die höchsten Wirkungsgrade werden von Solarzellen mit monokristalliner Struktur erreicht. Solarzellen aus amorphem Silizium und andere Dünschichtzellen sind wesentlich kostengünstiger herzustellen als solche aus mono- oder multikristallinem Silizium mit Materialstärken von 200 bis 350 Mikrometern, weisen jedoch geringere Wirkungsgrade auf. Obwohl die kristallinen Siliziumzellen derzeit marktbeherrschend sind, wird die Zukunft in den Dünnschichtzellen liegen, bei denen die aktive Schicht nur wenige Mikrometer dick ist. Das spart Material und Energie bei der Herstellung, ermöglicht eine stark automatisierte Produktion und senkt den Aufwand bei der elektrischen Verschaltung. Für diese Techniken ist der Einstieg in die Massenfertigung begonnen, wodurch sich der Preis der Solarzellen bei entsprechenden Herstellungsmengen eines Tages bis auf unter 1 €/Wp reduzieren kann. Ansätze im Bereich der anwendungsnahen Entwicklung bei der Photovoltaik konzentrieren sich vorrangig auf die Optimierung der Produktionsverfahren, der Qualitätssicherung und stetigen Erhöhung der Zellenwirkungsgrade, dem höher automatisierten Ausbau der Kapazitäten und damit letztlich einer Senkung der Kosten. Auch materialeinsparende Verfahren, z. B. bei der Waferherstellung oder die großflächige Beschichtung bei Dünnschichtzellen und die Verbilligung der weiteren Systemtechnik-Komponenten stehen im Vordergrund. Einige dieser Innovationen stehen kurz vor der Serienreife, sodass z. B. vom Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme bis zum Jahr 2003 eine Kostenreduktion um 20 % (gegenüber 1999) für möglich gehalten wird.

Abbildung 4-39

Leistungsbereiche und Anwendungsgebiete von PV-Anlagen



Quelle: Hoffmann, RWESolar

(967) Der im Labor erreichte maximale Wirkungsgrad liegt für siliziumbasierte Solarzellen bei 24,7 % für monokristalline bzw. 19,8 % für multikristalline Zellen des Wafer-Typs. Bei Solarzellen, die auf der Dünnschicht-Technologie basieren, wurden 13 % mit amorphem Silizium und 18,2 % mit CIGS-Zellen (Kupfer-Indium/Gallium-Diselenid) erreicht. Die Forschung an Solarzellen ist einerseits weitgehend Grundlagenforschung im Bereich Materialforschung, andererseits fertigungsorientierte Forschung. Von den möglichen Kombinationen von Materialien und Schichtaufbauten ist bisher nur ein kleiner Teil systematisch untersucht. Außerdem spielen Fragen der spektralen Empfindlichkeit, der Einkopplung des Lichts und der Reduzierung von Verlusten eine wichtige Rolle. Einen Überblick über die Entwicklungslinien bietet Abbildung 4-40. Das langfristige Forschungsziel der Photovoltaik wird durch die sog. „PV-Zelle der 3.Generation“ beschrieben, wie sie von M. Green neulich vorgestellt wurde (Abbildung 4-41).

(968) Bisherige Beobachtungen zeigen, dass der im Labor erreichte maximale Wirkungsgrad mit etwa 10 Jahren Verzögerung auch im kommerziellen Bereich anzutreffen ist.[216] Daher ist zu erwarten, dass der Wirkungsgrad kommerzieller Solarzellen aus Silizium bis zum Jahr 2010 auf 16–22 % steigen wird.

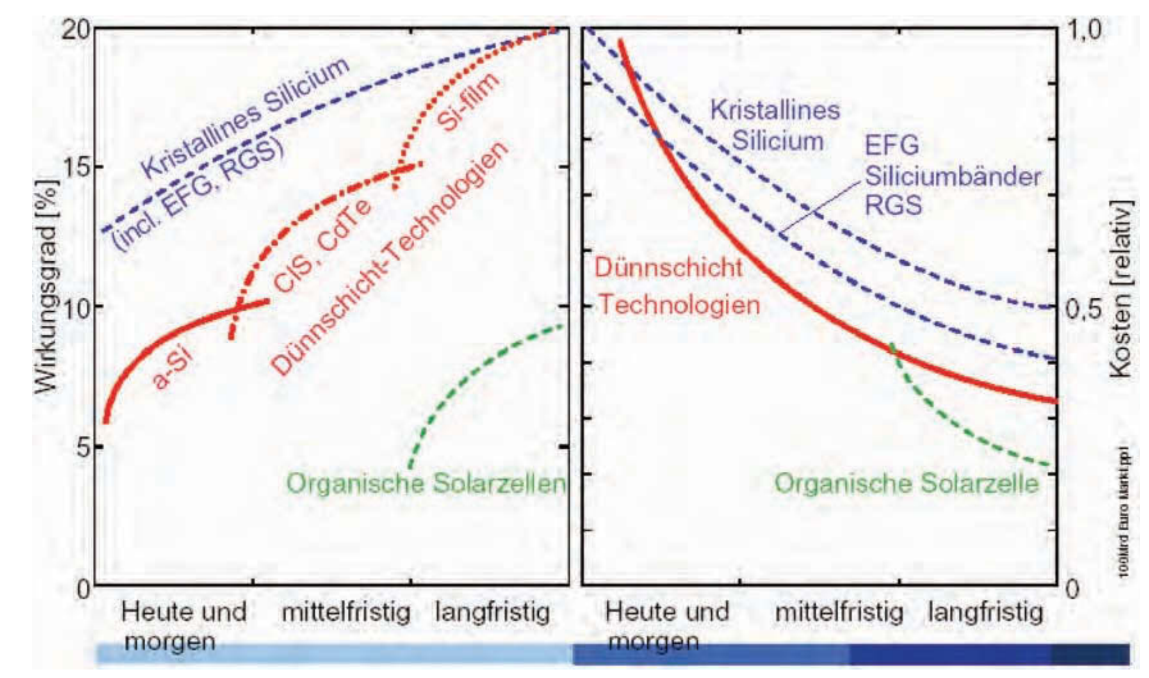
Stand der Nutzung

(969) Der PV-Markt wuchs in den 90er Jahren beständig. Im Jahr 1990 lag die Leistung aller ausgelieferten PV-Module weltweit bei etwa 43–47 MWp. Bis zum Ende des Jahres 2000 stieg der Absatz auf ca. 252–288 MWp (Abbildung 4-42).[217]

(970) Wurde der PV-Markt 1996 noch eindeutig von US-amerikanischen Herstellern dominiert (ca. 45 % aller Solarzellen stammten aus den USA), übernahm Japan im Jahr 1999 die Position des Spitzenreiters. In 2000 entfielen bereits 42 % der weltweiten Solarzellenproduktion auf japanische Unternehmen, die USA fielen auf 28 % und Europa auf 21 % zurück.[218] Weltweit haben sich die Umsätze im Bereich der Module in den neunziger Jahren vervierfacht, was bedeutet, dass die jährlichen Steigerungsraten bei 15 bis 20 % lagen. Die mit Solarmodulen erzielten Umsätze im Jahr 2000 lagen bei etwa 1,1 Mrd. €.[219] Da die Module

Abbildung 4-40

Überblick über die Entwicklungslinien der Zelltechniken



Quelle: Dr. Hoffmann, RWESolar.

[216] Green u. a. (2000).

[217] Räuber, A., W. Wettling (2001): „Die PV-Szene heute – Technologie, Industrie, Markt.“, Sarasin (2001).

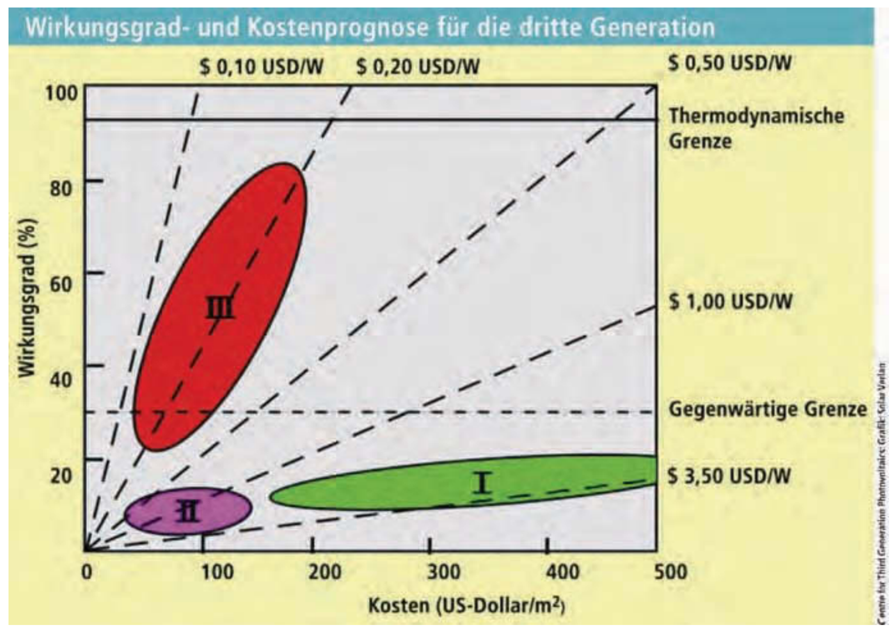
[218] Photovoltaic Insider's Report (1997), Sarasin (2000, 2001), Maycock (1997, 2001): „Photovoltaiks Technology, Perfomance, Cost and Market.“

[219] European Photovoltaic Industry Association (2001).

Abbildung 4-41



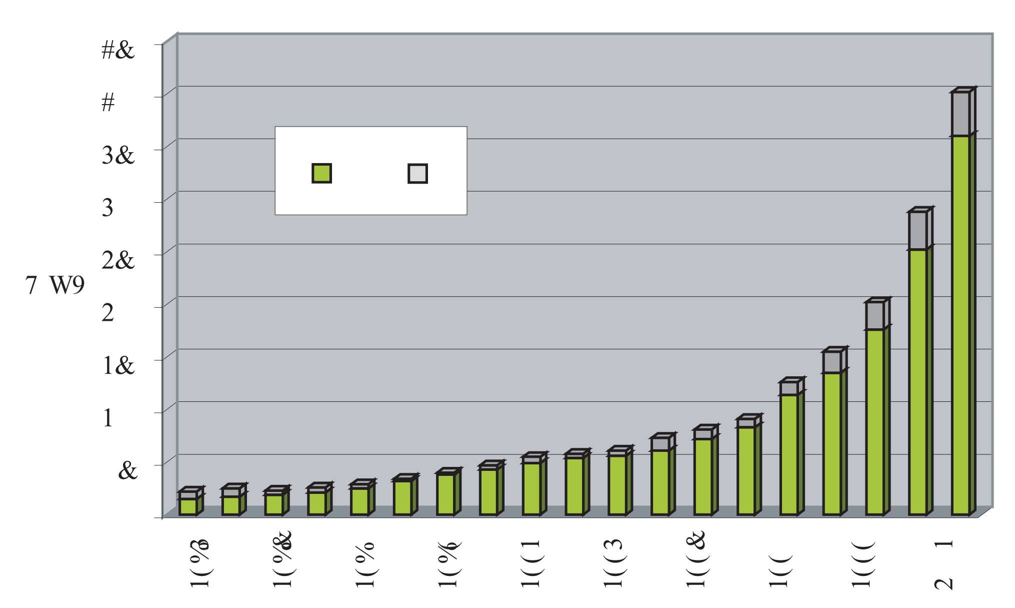
Langfristiges Forschungsziel der Photovoltaik



Quelle: Green (2002)

Abbildung 4-42

Qualitativer Verlauf des Modulabsatzes in MWp seit 1990, weltweit.



Quelle: pse Freiburg, Unternehmensvereinigung Solarwirtschaft (2002)

nur etwa 60 % des Systemwertes ausmachen, liegen die Gesamtumsätze im Bereich der Photovoltaik deutlich höher.

(971) Eine exakte Aussage über die weltweit installierte Leistung im Bereich der Photovoltaik lässt sich nicht treffen. Kumuliert man die Angaben zu den jährlich ausgelieferten Mengen im Zeitraum von 1983 bis 2000, so ergibt sich eine gesamt installierte Leistung im Bereich von 1 252–1 436 MWp.[220]

(972) Deutschland ist hinter Japan und den USA der drittgrößte Absatzmarkt für Photovoltaik (Abbildung 4-43). Im Jahr 1999 waren insgesamt etwa 64 MWp in der BRD installiert (Tabelle 4-67). Der mit PV-Anlagen und Komponenten erzielte Umsatz belief sich dabei auf ca. 307 Mio. €.[221] Die Unternehmensvereinigung Solarwirtschaft (UVS) gibt den Zuwachs bei der installierten Leistung aus Photovoltaik für das Jahr 2001 mit 75 MWp an. Mit diesem Zuwachs hat die installierte elektrische Leistung aus Solarzellen im Jahr 2001 die 180 MWp Marke in Deutschland überschritten. Auch für die folgenden Jahre wird mit einem starken Wachstum im Bereich der netzgekoppelten Anlagen gerechnet. Die gesamte Stromproduktion betrug im Jahr 2001 ca. 150 GWh. Der jährliche Zuwachs des Photovoltaik-Marktes in der BRD in den letzten zehn Jahren ist in Abbildung 4-43 dargestellt.

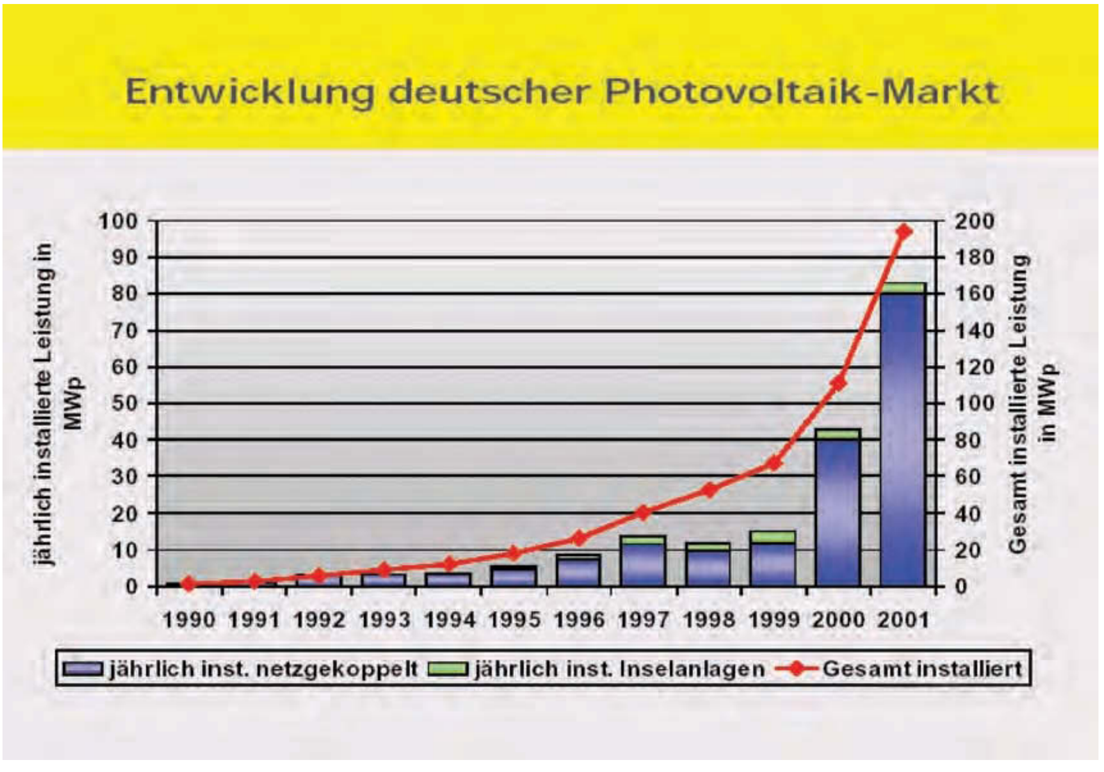
(973) Insgesamt hat die Förderung des letzten Jahrzehnts, insbesondere das EEG in Verbindung mit dem 100 000-Dächer-Programm bewirkt, dass sich in Deutschland eine leistungsfähige Industrie zur Herstellung und ein fachkundiges Handwerk zur Installation von PV-Anlagen etablieren konnten. Mit ca. 2 300 neuen Arbeitsplätzen in der PV-Industrie, im Elektrohandwerk und im Vertrieb haben sich allein im Jahr 2000 die Arbeitsplätze mehr als verdreifacht.

(974) Derzeitig wird in Mecklenburg-Vorpommern die größte PV-Anlage Europas gebaut. In der Ausbaustufe wird sie rund 5 MWp auf rund 100 000 m² zur Verfügung stellen. Einen Überblick über die Gemeinden mit der höchsten Installationsrate pro Einwohner an Solarthermie- und PV-Anlagen findet man im Internet unter www.solarbundesliga.de. Darin dokumentiert sich auch ein neuer Aspekt von Akteursvielfalt und Motivation.

(975) Eine besondere Auswirkung der Förderung durch das EEG lässt sich an der Ausweitung der Produktionskapazität in Deutschland ablesen. Seit Anfang der neunziger

Abbildung 4-43

Jährliche Installationsraten und gesamte installierte Leistung von PV-Anlagen in Deutschland



Quelle: WIP/DFS (2002)

[220] Räuber (1999), Stryi-Hipp (2001).

[221] www.dfs.solarfirmen.de.

Tabelle 4-67

In Deutschland installierte PV-Module

Jahr	Zubau gesamt	Zubau netz-gekoppelt	Gesamte installierte Leistung	Gesamte installierte Leistung netzgekoppelt
	MW_p	MW_p	MW_p	MW_p
bis 1990	0,0	1,0	0,0	1,0
1991	0,0	1,0	0,0	2,0
1992	0,0	0,0	5,6	5,3
1993	3,3	3,1	12,4	11,6
1994	3,5	3,1	12,4	11,6
1995	5,4	4,5	17,8	16,1
1996	8,8	7,4	26,6	23,5
1997	13,7	11,5	40,3	35,0
1998	10,0	8,0	50,0	43,0
1999	14,0	12,0	64,0	56,0
2000	0,0	45,0	> 109,0	101,0
2001	0,0	75,0	0,0	176,0
2002	0,0	80,0	0,0	256,0
2003	0,0	95,0	0,0	351,0

Quelle: www.dfs.solarfirmen.de, Räuber, Wettling (2001), Unternehmensvereinigung Solarwirtschaft (UVS, 2002)

Jahre haben sich zahlreiche, oft mittelständische Unternehmer mit Engagement dieser Technologie angenommen: z. B. Solarfabrik Freiburg, Solon in Berlin, Esol in Erfurt, Solarwatt in Dresden, Flabeg in Köln/Gelsenkirchen usw. Aber auch international tätige Unternehmen engagieren sich zunehmend: Shell Solar ist mit der Übernahme von Siemens Solar zum viertgrößten Hersteller weltweit geworden und hat in Gelsenkirchen seine bisherige Produktion um 20 MW ausgebaut. BP Solar Deutschland will in Hameln mit Investitionen von rund 15 Mio. € eine Solarfabrik für jährlich 20 MWp entstehen lassen und 100 Arbeitsplätze schaffen. RWESolar baut in Alzenau seine Produktionskapazität stufenweise auf 80 MW aus. In Rudisleben bei Erfurt hat die Firma Antec eine moderne Dünnschichtfertigung für Cadmium-Telluridzellen (erste Stufe: 7 MW) errichtet. Die Firma Würth in Marbach fährt ihre CIS-Modulfabrikation im Pilotbetrieb mit ca. 1,2 MW ein. Die Hamburger Solar AG plant, in der Nähe von Hamburg eine neue Solarfabrik mit einer Fertigungskapazität von 24 MWp, um ihren wachsenden Bedarf an Solarmodulen selbst besser decken zu können. Erst kürzlich wurde der Bau einer neuen Modulfertigung der Solar-Manufaktur Deutschland in Prenzlau angekündigt.[222]

Potenzial

(976) Die Potenziale der photovoltaischen Stromproduktion hängen von den als geeignet angenommenen Flächen ab. Wird weltweit ein pro Kopf installierbare PV-Fläche von 10 m^2 zugrunde gelegt, die entweder auf den Dächern der Wohnhäuser oder anderer Baulichkeiten (z. B. auch Infrastruktur wie Stadiondächer, Lärmschutzwände, Bahnhofsdächer, Fabrikhallen etc) installiert werden kann und damit keine neue Versiegelung von Freiflächen verursacht, so ergibt sich bei einem Systemwirkungsgrad von 16 % ein Potenzial der photovoltaischen Stromerzeugung von 55 184 PJ (15 329 TWh). Dieser Wert entspricht ungefähr dem weltweiten Stromaufkommen von 1999.[223]

(977) Vergleicht man verschiedene Potenzialstudien zu Europa, so streuen die errechneten Potenziale erheblich, von 1 400 PJ/a bis zu 5 590 PJ/a.[224] Analysiert man detailliert Dachflächenpotenzial-Studien in industrialisierten Ländern, so erkennt man eine Korrelation zwischen Bevölkerungsdichte und zur Verfügung stehender, solar nutzbarer Dach- oder Fassadenfläche. Der Natur des menschlichen Wohn- und Bauverhaltens entsprechend reduziert sich die pro Kopf verfügbare Fläche mit zuneh-

[222] Unternehmensvereinigung Solarwirtschaft (2002): www.solarwirtschaft.de.

[223] Lehmann, Reetz (1995).

[224] Kaltschmitt (1993), van Brummelen (1992), Hill (1992).

mender Bevölkerungsdichte. In den besonders dicht besiedelten Ländern der EU, dies sind die Niederlande und Belgien, sind geeignete Dachflächen von ca. 7,3 m^2/cap verfügbar, während Länder mit einer deutlich geringeren Siedlungsdichte, wie z. B. Finnland oder Schweden, auf Werte von mehr als 9 m^2/cap. kommen. Insgesamt stehen in der EU ca. 5 000 qkm Dachfläche und ca. 3 600 km^2 Fassadenfläche zu Verfügung, die für die Installation photovoltaischer Anlagen geeignet sind. Auf diesen Flächen ließen sich, bei einem Anlagenwirkungsgrad von 16 %, jährlich in Europa 3 942 PJ/a oder 44 % der Stromproduktion des Jahres 1999 erzeugen.[225]

(978) In Deutschland stehen ca. 1 095 km^2 Dach- sowie etwa 805 km^2 Fassadenfläche zu Verfügung, die für die photovoltaische Stromerzeugung geeignet sind. Das Stromerzeugungspotenzial auf diesen Flächen bei gegenwärtigen Wirkungsgraden beträgt ca. 751 PJ/a, wovon alleine die Dachflächen ca. 591 PJ/a zusteuern können. Diese Ergebnisse zeigen, dass in Deutschland ca. 38 % der Stromerzeugung (1 988,6 PJ in 1998) mit Photovoltaik auf Dach- und Fassadenflächen gewinnbar sind. In Bezug auf die Flächenpotenziale ist noch anzumerken, dass diese durch die Nutzung weiterer Flächen – diese können bereits versiegelte aber auch Freiflächen sein – erweiterbar sind.

Kosten und Kostenentwicklung

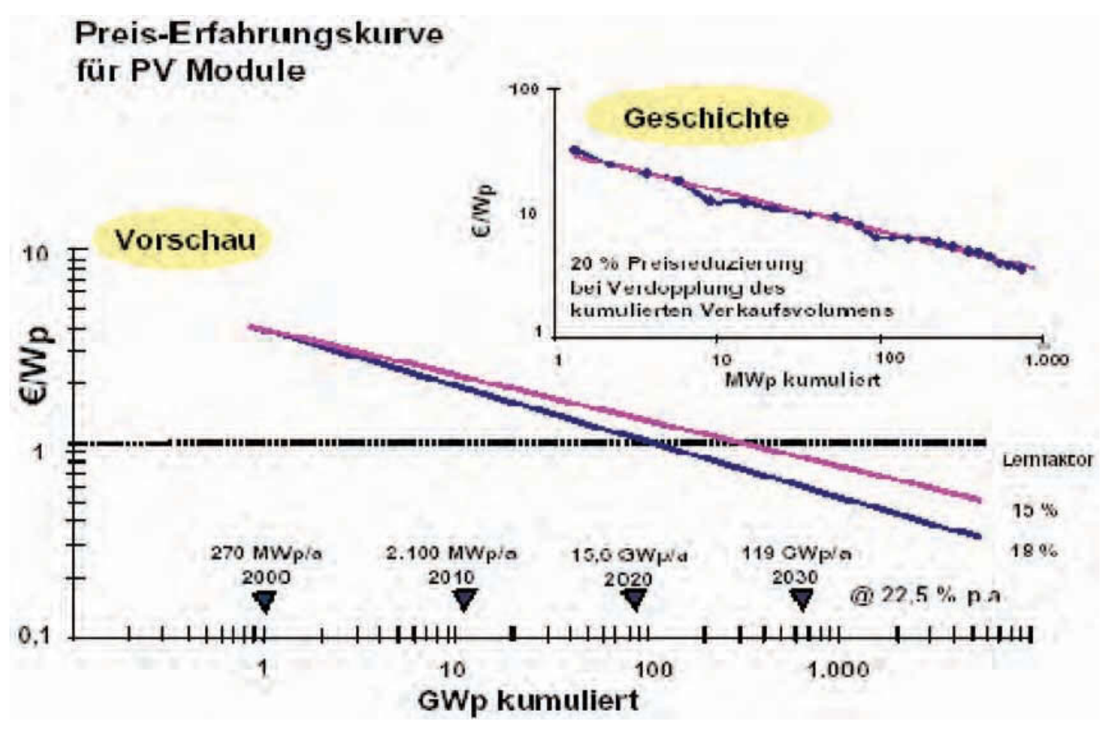
(979) Die Systemkosten für photovoltaische Stromerzeugung liegen derzeit im Bereich von 5–7,5 €/Wp, bei Modulpreisen von 3,2–3,4 €/Wp (Modulkosten 43–68 % der Gesamtkosten). Die Stromgestehungskosten sind sehr stark davon abhängig, wie groß die Anlage ist, wie sie orientiert ist und welche Strahlungsdaten am Installationsort vorliegen. Die Stromgestehungspreise im Jahr 2000 für PV-Anlagen im 1 kW Leistungsbereich liegen bei 59–71 ct./kWh. Für Anlagen mit 5 kW Leistung werden 49–59 ct./kWh angegeben. Die Stromgestehungskosten sind in den letzten 10 Jahren halbiert worden.

(980) Shell Solar rechnet mit einer jährlich Reduktion der Modulkosten von 6 %. Das bedeutet eine weitere Halbierung der Kosten in den nächsten 10 Jahren. Auch andere Hersteller, z. B. ASE (jetzt RWESolar) und BP sowie das Wuppertal Institut erwarten in etwa eine weitere Halbierung der Kosten im Zeitraum von 2000–2010 (Abbildung 4-44).

(981) Überschreitet der Materialbedarf für Silizium-Solarzellen einen Umfang von ca. 3 000 t/a, so rentiert sich eine eigene Produktion von sogenanntem Solargrade-Silizium (Silizium mit einem Reinheitsgrad, der für die Produktion

Abbildung 4-44

Preisentwicklung Module



Quelle: Hoffmann, RWE Solar

[225] Lehmann, Reetz (1995).

von Solarzellen ausreicht). Dadurch ergeben sich weitere Kostenreduktionen. Ein entsprechendes Vorhaben wird gegenwärtig von der SolarWorld AG in Freiberg/Sachsen und Wacker geprüft. Auch die Dünnschichttechnologien aus den Verbindungshalbleitern Kadmiumsulfid (CdS) und Kupferindiumdiselenid (CIS), die bereits die Marktreife erreicht haben, versprechen bei entsprechender Fertigungsgröße eine kostengünstige Produktion, die nach Aussagen der Hersteller bis knapp unter 1 €/Wp reichen könnte.

(982) Die Enquete-Kommission des Bundestages sieht bis zum Jahr 2010 im Bereich der Photovoltaikanlagen ein Kostenreduktionspotenzial von ca. 45–50 %, bezogen auf die Anlagennennleistung (Tabelle 4-68). Für Module wird eine Reduktion der Kosten im Bereich von ca. 46–50 % gesehen. Geringere Preisrückgänge sind bei der Systemtechnik zu erwarten, da in diesem Teilbereich bereits erhebliche Preisreduktionen erfolgt sind. Dennoch werden noch signifkante Synergieeffekte (Integration Solarzellen in Bauelemente, Miniaturisierung der Elektronik etc.) eintreten (Abbildung 4-45).

Tabelle 4-68

Erwartete Kostenreduktion bis 2010, differenziert nach Komponenten

Kosten	
Investitionen (bez. auf kW_{AC})	45–50
Investitionen (bez. auf kW_p)	43–45
Module	46–50
Systemtechnik	30–44

Quelle: Enquete (2001)

4.3.6.3 Solarthermische Kraftwerke

(983) Neben der photovoltaischen Stromerzeugung besteht in sonnenreichen Ländern mit einem hohen Direktstrahlungsanteil die Möglichkeit, mit konzentrierenden Systemen solarthermisch Strom zu erzeugen. Immerhin trugen solarthermische Kraftwerke bis heute mit mehr als 50 % zur weltweiten Solarstromproduktion bei. Der thermische Umwandlungsprozess, den sie nutzen, ermöglicht es vor allem, sie leicht in konventionelle Kraftwerke zu integrieren.

(984) Wesentliche Techniken für solarthermische Kraftwerke sind:

– Parabolrinnen-Kraftwerke (Leistung 30 MW bis zu 80 MW[226] – im kommerziellen Betrieb),

– Solarturmkraftwerke (Leistung 0,5 bis 10 MW – als Pilotanlagen gebaut) sowie

– kleine (dezentral installierbare) Solar-Paraboloid-Anlagen (Solar-Dish-Stirling Systeme/Paraboloide mit einer Leistung von 7 bis 50 kW)

Grundprinzip und Varianten

(985) Thermische Solar-Stromkraftwerke wandeln die Sonnenstrahlung zuerst in Wärme (T 300°–1 100°C)[227] und dann in einem konventionellen Kraftwerksteil in elektrischen Strom um. Um die erforderlichen hohen Temperaturen für die Stromerzeugung zu erreichen, wird das Sonnenlicht mit Hilfe von Spiegeln oder hochreflektierenden Folien konzentriert. In der Brennlinie bzw. im Brennpunkt ist ein Absorber installiert, durch den ein Wärmeträgermedium – ein spezielles temperaturfestes Öl oder Wasser/Dampf – strömt oder die eintretende Luft direkt erhitzt wird. Dieses Wärmeträgermedium fließt dann entweder direkt oder über einen Zwischenkreislauf einer Turbine zu. Im konventionellen Teil eines Solarthermie-Kraftwerkes wird die mechanische in elektrische Energie umgewandelt. Eine Besonderheit stellt die Verwendung eines Stirling-Motors in den Dish- Systemen dar. Verschiedene Anlagenkonzepte sind bereits verwirklicht worden.[228] Sie unterscheiden sich zunächst durch die Art und das Ausmaß der Konzentration des Sonnenlichts.

(986) Als Bauformen unterscheidet man:

– (einachsig) parabolisch geformte Spiegel mit linienförmigem Absorber (Parabolrinnen), Konzentrationsfaktor 80–100,

– (sphärisch) parabolisch geformte Spiegel/Folien mit punktförmigem Absorber (Paraboloide/Solar-Dish) mit Konzentrationsfaktoren 600 bis 1 000 und der Notwendigkeit einer zweiachsigen Nachführung und

– räumlich verteilte ebene Spiegel (Heliostate), die das Sonnenlicht per computergesteuerter zweiachsiger Nachführung auf einen punktförmigen Absorber in einem Turm reflektieren (Solarturmanlagen) Konzentration 200–1 000.

(987) Andere mögliche Anwendungsgebiete der Hochtemperatur-Solarthermie sind die Erzeugung von Prozesswärme für die Industrie sowie die Bereitstellung von Energie für photolytische und katalytische Prozesse in der Chemie.

Stand der Technik und weitere Entwicklung

(988) Neun ***Parabolrinnen-Kraftwerke*** sind seit mehr als 10 Jahren in der Mojave-Wüste in Kalifornien im kommerziellen Einsatz und haben ihre Praxistauglichkeit bewiesen (Abbildung 4-46). Durch verbesserte Betriebsstrategien und Wartungsroutinen konnten im kommerziellen

[226] Als Hybridkraftwerk wird zur Zeit für Mexiko ein 400 MW-GuD-Kraftwerk mit einem integrierten Parabolrinnen-Solarfeld ausgeschrieben.

[227] bei der Parabolrinnentechnik ca 390°C, bei Dish-Stirling-Systemen ca. 700°C und bei Turmkraftwerken bis zu 1 100°C.

[228] Auf dem Gelände der „Plataforma Solar“ in der Nähe von Almeria (Spanien) werden die verschiedenen Anlagenkonzepte seit mehreren Jahren unter Realbedingungen erforscht. Einzelheiten zu Techniken und Ergebnissen sh. KfW, Statusseminar „Solarthermische Stromerzeugung“ 14. März 2002, Berlin.

Abbildung 4-45

Charakteristische Daten der Kostenentwicklung der Photovoltaik[229]

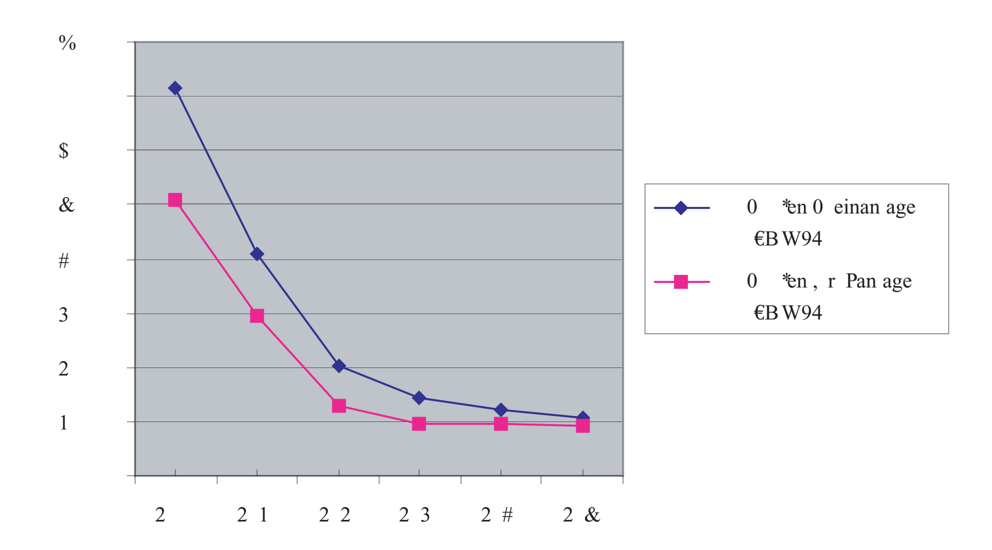
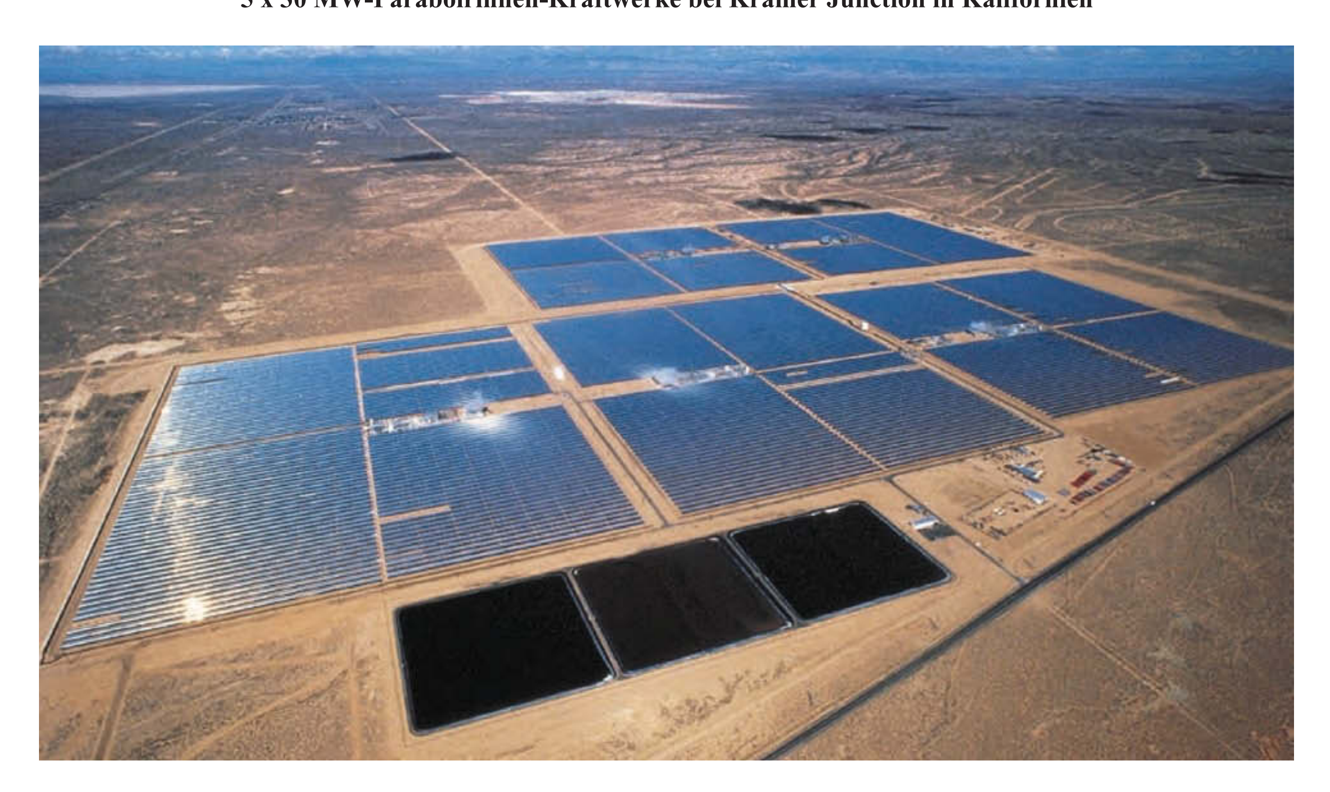


Abbildung 4-46

5 x 30 MW-Parabolrinnen-Kraftwerke bei Kramer Junction in Kalifornien



[229] Festlegung für die Szenarien der Enquete-Kommission, 2001.

Betrieb tagesdurchschnittliche Nettowirkungsgrade (also nicht allein Spitzenwirkungsgrade, die nur für ein paar Minuten vorhalten) von über 21 % in den Sommermonaten nachgewiesen werden. Der Jahresanlagen-Nettowirkungsgrad der kalifornischen SEGS-Kraftwerke liegt bei ca. 15 %.

(989) Mit der weiteren Entwicklung sind weitere technische und ökonomische Verbesserungen absehbar: Die Optimierung der Solarkollektoren durch Einsatz des Euro Trough Designs ist eine Weiterentwicklung der in Kalifornien eingesetzten LS3-Kollektoren durch ein europäisches Konsortium. Mit diesem Design werden ein höherer Wirkungsgrad, eine Kostenreduktion und eine vereinfachte Montage erreicht. Durch die Entwicklung eines alternativen Absorberrohrs, die Weiterentwicklung von Salzschmelzespeichern, um die tagsüber gespeicherte Wärmeenergie auch nachts zur Stromproduktion zu verwenden und somit für eine bessere Auslastung des konventionellen Kraftwerkanteiles zu sorgen, die automatisierte Betriebssteuerung nach Wetterdaten und Bedarfsvorhersage sowie die automatisierte Erfassung des Solarfeld-Wartungszustandes mit Hilfe von Inspektionsrobotern wird ein höherer Wirkungsgrad und eine bessere Wirtschaftlichkeit erreicht.

(990) Die typischen Konzentrationsfaktoren von **Paraboloidanlagen** liegen zwischen 600 und 1 000. Durch die hochkonzentrierte Solarstrahlung können sehr hohe Temperaturen auf kleinen Wärmetauschern erreicht werden, wodurch der Wirkungsgrad bei der Wandlung in thermische Energie erheblich gesteigert werden kann. Beim wichtigsten Vertreter dieses Anlagentyps, der Kombination eines Paraboloidspiegels mit einem Stirlingmotor (englisch: Dish/Stirling System) wurden bei gebauten Anlagen Wirkungsgrade bis zu 30 % erreicht (Abbildung 4-47). Die Nennleistung bisher realisierter Anlagen liegt im Bereich zwischen 7 und 50 kW elektrisch. Durch ihre Modularität sind sie in der Lage, elektrische Leistungen von wenigen kW bis zu einigen MW bereit zu stellen. Sie eignen sich damit besonders zur dezentralen solaren Stromversorgung.

(991) Beispiele für Anwendungsmöglichkeiten hierfür sind:

– im Inselnetz (Farmanlagen von 0,1 bis 1 MW),

– als Einzelanlagen (Stand-Alone-System) ohne Netzanbindung im Leistungsbereich von 10 bis 200 kW sowie

– im Verbundnetz, wo viele einzelne Module zu einer Farmanlage von 1 bis 10 MW zusammengefasst werden.

(992) In Deutschland und den USA wird an fortgeschrittenen Dish/Stirling-Systemen gearbeitet, die schon bald das Prototypenstadium verlassen und in ersten Anwendungen erprobt werden sollen.

Abbildung 4-47

Eurodish-System mit Stirling Generator



(993) Die laufenden Entwicklungen zielen, neben der Ausschöpfung des vollen Kostensenkungspotenzials, auf die

– Hybridisierung von Dish/Stirling-Anlagen (Hybridanlagen können neben der Solarstrahlung auch mit fossilen oder biogenen Brennstoffen betrieben werden) sowie die

– Anpassung an verschiedenste Stand-Alone-Aufgaben (ohne Netzkopplung), Anwendungen wie z. B.: Bewässerungsanlagen, Pumpen, Kühlaggregate, einzelne Verbraucher, Wasserentsalzungs- bzw. -aufbereitungsanlagen.

(994) Für einen großen Teil der Kosten einer ***Solarturmanlage*** sind die Heliostaten verantwortlich. Aus diesem Grund sind erhebliche Bemühungen unternommen worden, diese zu optimieren. Schwerpunkte der Forschung waren die Reduzierung des Gewichts der computergesteuerten Heliostaten, die Vergrößerung der Spiegelflächen und die Suche nach anderen Reflektormaterialien. Vergrößern kann man die Spiegel nicht beliebig, da mit der Größe die Abweichungsfehler und damit die Strahlungsverluste zunehmen und außerdem die Nachführung teurer wird, da sie großen Windlasten standhalten muss. Die derzeitigen Forschungsarbeiten konzentrieren sich auf die Entwicklung leichter und preiswerter Reflektoren und neue Receiverkonzepte mit neuen Materialien.

Stand der Nutzung

(995) In der Mojave-Wüste in Kalifornien wurden zwischen 1984 und 1991 neun Kraftwerke des Parabolrinnentyps mit einer Gesamtleistung von 354 Megawatt elektrischer Leistung installiert und werden bis heute betrieben. Diese sogenannten SEGS (**S**olar **E**lectric **G**enerating **S**ystems) Kraftwerke sind die am weitesten entwickelten solarthermischen Anlagen. Mit den bereits installierten Parabolrinnen-Kraftwerken wird ausschließlich elektrischer Strom produziert, obwohl auch Prozesswärmeeinspeisung und Kraft-Wärme-Kopplung problemlos möglich sind, für die sich bisher aber kein Markt gefunden hat. Mehr als 11 Mrd. kWh wurden in den hybriden Solarkraftwerken mit limitierter Gaszufeuerung bis heute erzeugt, davon 8 Mrd. kWh rein solar (Abbildung 4-48).

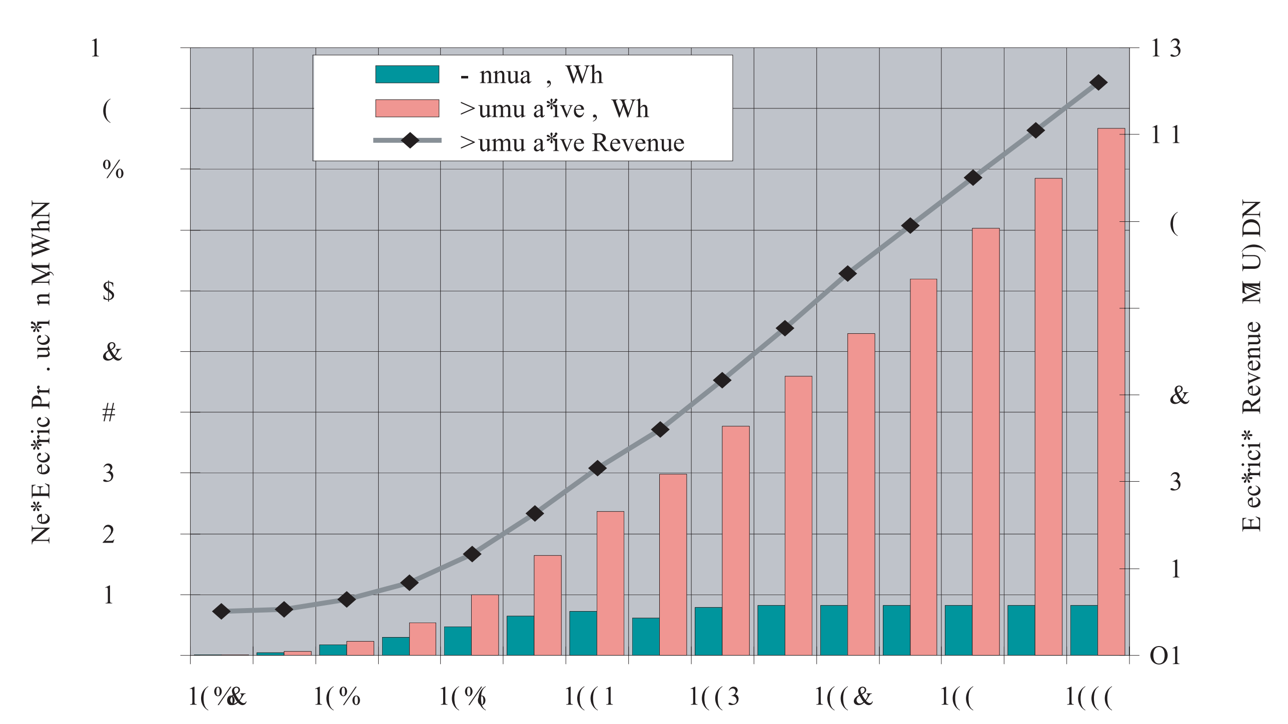
(996) Solche Hybridkraftwerke, und das trifft für alle solarthermischen Prozesse zu, in denen Solarstrahlung und konventionelle Energieträger (vor allem Gas) kombiniert verwendet werden, können die Marktchancen der solarthermischen Kraftwerke ebenso verbessern wie der Einsatz thermischer Speicher, weil sie kontinuierlich, also unabhängig von Tageszeit und Witterung, Strom für den Bedarf in die Mittellast liefern können und die Stromgestehungskosten durch den höheren Auslastungsgrad der Turbine günstiger sind. In sonnenarmen Stunden oder Abends wird zusätzlich Erdgas zur Dampferzeugung eingesetzt.

(997) Dass diese Anlagen technisch zuverlässig sind, spiegelt sich auch in der Verfügbarkeit des Solarfeldes von 98 Prozent wider; das heißt: Nur während zwei Prozent der vorgesehenen Betriebszeit muss die Anlage für Wartung und Reparatur abgeschaltet werden.

(998) Paraboloide/Dish/Sterling-Systeme und Solarturmanlagen sind bisher nicht kommerziell verfügbar.

Abbildung 4-48


In den 9 Parabolrinnen-Kraftwerken in Kalifornien wurden seit 1985 mehr als 50 % des weltweit bisher erzeugten Solarstroms produziert.



Potenzial

(999) Eine Voraussetzung für den Einsatz solarthermischer Kraftwerke ist eine genügend hohe Sonneneinstrahlung. Die Untergrenze liegt bei 1 700 Kilowattstunden pro Quadratmeter im Jahr. Die Deutsche Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt fand heraus, dass innerhalb der Europäischen Union Gebiete in Griechenland, Italien, Portugal und Spanien für eine Nutzung interessant sind (Tabelle 4-69). Die Wissenschaftler ermittelten in ihrer detaillierten Untersuchung, wie viel Fläche in den Ländern des Mittelmeerraumes zur Verfügung gestellt werden könnte, indem sie verschiedene Umstände berücksichtigten, die den Bau solcher Anlagen ausschließen oder nur eingeschränkt möglich machen, wie Gewässer, Wälder, Sandwüsten, landwirtschaftlich genutzte Flächen, Siedlungen, ungeeigneter Boden und anderes sowie die derzeitige Infrastruktur (Verkehrswege, Pipelines, elektrisches Netz, Wasserversorgung usw.). In der EU stehen demnach etwa 19 500 Quadratkilometer für eine Nutzung durch solarthermische Kraftwerke zur Verfügung. Auf dieser Fläche könnten Anlagen mit integriertem thermischen Speicher im Mittel 3 600 Stunden im Jahr unter Vollast Strom produzieren, insgesamt etwa 1 400 Terawattstunden pro Jahr.

(1000) Für alle Länder der Erde zusammen gibt es eine solch detaillierte Untersuchung der verfügbaren Flächen bisher nicht. Allerdings ist für eine Studie über die Produktion von Wasserstoff mit Sonnenenergie (zum Beispiel mit thermischen Solar-Stromkraftwerken) abgeschätzt worden, wie viel Landfläche weltweit für die Produktion von solarem Wasserstoff verfügbar und geeignet ist (Abbildung 4-49). Potenziell geeignete Flächen in Europas Süden sind in dieser Studie nicht erfasst. „Gut“ geeignet sind demnach weltweit etwa 1,9 Mio. Quadratkilometer heute ungenutzter Fläche. Diese Fläche ist meist unbewachsene Geröll- oder Steinwüste mit mehr als 2 000 Kilowattstunden Sonneneinstrahlung pro Quadratmeter im Jahr; ihre Größe entspricht etwa fünf Prozent der Wüstenflächen der Erde oder 1,3 Prozent der globalen Landfläche. Auf diesem Areal kann Wasserstoff mit einem Energiegehalt von 13,3 Milliarden Tonnen Steinkohleeinheiten pro Jahr produziert werden.[230]

Kosten und Kostenentwicklung

(1001) Die Stromgestehungskosten in den kalifornischen Parabolrinnenanlagen liegen bei ca. 12 US-Cent pro Kilowattstunde. Würde der Strom zu hundert Prozent aus Sonnenenergie bereitgestellt, würde die Kilowattstunde Strom in Kalifornien derzeit 15 US-Cent betragen.

(1002) Neueste Zahlen zeigen für ein rein solar gefahrenes 50 MW-Parabolrinnen-Kraftwerk mit einem 9 h-Speicher in Spanien Erzeugungskosten von 16 Euro-ct./kWh.[231]

(1003) Im Frühjahr 2001 veröffentlichte die Weltbank eine Kostensenkungsstudie, in der die Stromerzeugungskosten bei einer Implementierung von ca. 1 000 MW (die ja schon in der GEF-Pipeline sind) für Parabolrinnen- und mittelfristig auch für Solarturm-Kraftwerke bei 8 US-Cent/kWh rein solar liegen werden. Das langfristige Kostensenkungspotenzial (bis ca. 2020) liegt bei 5-6 US-Cent/kWh, also etwa da, wo heute Öl- und Gaskraftwerke liegen.

4.3.6.4 Solarthermie

(1004) Die Wandlung der Sonnenergie in nutzbare Wärmeenergie erfolgt durch Sonnenkollektoren. Grundsätzlich unterscheidet man zwischen passiven (sie nutzen nur natürliche Konvektion) und aktiven (pumpengetriebenen) Systemen. Die Strahlung der Sonne wird von einer Oberfläche absorbiert, in Wärme umgewandelt und an ein Wärmeträgermedium weitergeleitet. Je nach erreichbarem Temperaturniveau spricht man von Niedertemperaturwärme

Tabelle 4-69

Potenzial Stromproduktion aus Solarthermischen Kraftwerken

Land	Potenzialfläche (km^2)	mögliche Leistung (GW)	potenzielle Stromerzeugung (TWh/a)
Griechenland	2 500	50	180
Italien	4 000	80	288
Portugal	1 000	20	72
Spanien	12 000	240	864
Summe	19 500	390	1 404

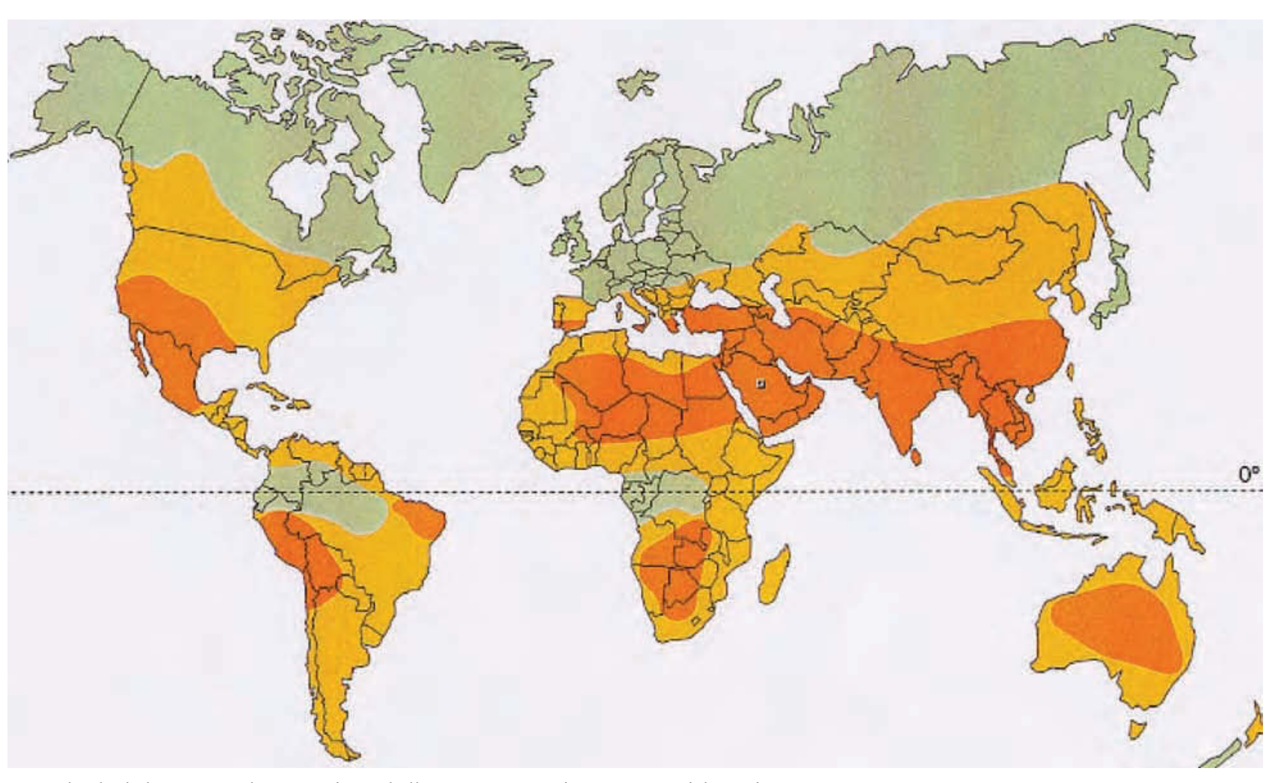
Quelle: Klaiß, Staiß (1992)

[230] Nitsch u. a. (1988).

[231] IEA (1999), DFS (2000), AndaSol (2001).

Abbildung 4-49

Geeignete Standorte für solarthermische Kraftwerke



Legende: dunkelorange = sehr gut geeignet, hellorange = gut geeignet, grau = nicht geeignet

(< 100°C), Mittel- und Hochtemperaturwärme (letzteres vgl. Kapitel 4.3.6.3). Auch bei Solarflachkollektoren gibt es leicht konzentrierende Bauformen, die in Kombination mit Vakuumkollektoren Mitteltemperaturwärme erzeugen können. Die nicht konzentrierenden solarthermischen Systeme eignen sich für den Niedertemperaturbereich bis 100°C. In den Sektoren GHD und Industrie sind sog. Luftkollektoren (sie arbeiten mit Luft als Wärmeträgermedium) eine auch wirtschaftlich interessante technische Variante. Für Schwimmbäder und zur Brauchwasser-Vorwärmung können sog. „Schwimmbadabsorber" aus Kunststoff (ohne Abdeckung – unverglaste Kollektoren) genutzt werden, die zu wirtschaftlichen Bedingungen eine Temperaturerhöhung um wenige K bringen – was aber für diese Anwendungen ausreichend ist. Kombinationen von Kollektoranlagen mit Wärmepumpen bzw. speziellen adsorptiven Materialien ermöglichen solare Kühlungssysteme, die besonders für Länder mit hohen Temperaturen von Interesse sind. Ein besonders vorteilhafter Aspekt ist hier, im Gegensatz zur solaren Raumheizung, die meistens vorliegende Zeitgleichheit von Leistungsbedarf und solarem Leistungsangebot.

Stand der Nutzung

(1005) In den letzten Jahren war der Weltmarkt für solare Wärmegewinnung von einem stetigen Wachstum geprägt, obwohl der Markt in den USA sich leicht rückläufig entwickelte. Im Verlauf der neunziger Jahre wurde der Weltmarkt stark von der Entwicklung des europäischen Marktes geprägt, der ein durchschnittliches Wachstum von 18 % verzeichnete. Sehr hohe Zubauraten waren in 1999 im asiatischen Raum zu verzeichnen. Alleine in China wurden 4 Mio. m^2 im Jahr 1999 neu installiert (Tabelle 4-70 und Abbildung 4-51).[232]

Tabelle 4-70

Neu installierte Kollektorfläche verschiedener Länder in 1999

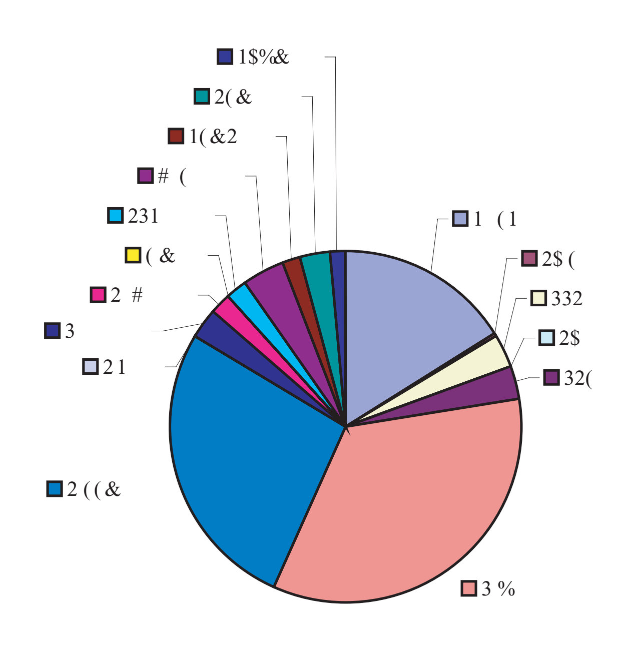
Land	Neu installiert in 1999 in m^2
USA	25 000
EU	890 000
Indien	2 000 000
China	4 000 000
Türkei	430 000
Japan	1 000 000
Süd Korea	500 000

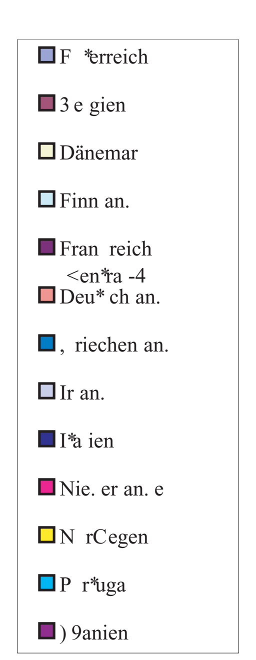
Quelle: DFS (2000)

[232] IEA (1999b), Stryi-Hipp (2001).

Abbildung 4-50

Gesamt installierte Kollektorfläche von 1975 bis 2001 in m²

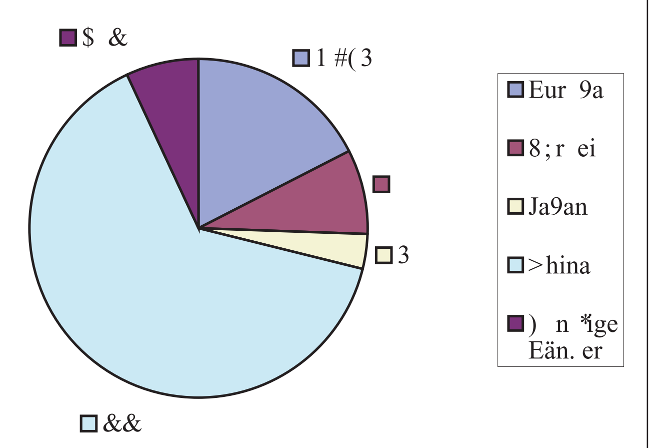




Quelle: Active Solar Thermal Industry Group, ASTIG, Forecast, www.astig.org

Abbildung 4-51

Weltweit installierte Kollektorfläche im Jahr 2001 in m²



Quelle: Active Solar Thermal Industry Group, ASTIG, Forecast, www.astig.org

(1006) Innerhalb Europas belegen Griechenland, Deutschland und Österreich die ersten drei Plätze in Bezug auf die gesamte installierte Kollektorfläche (Abbildung 4-50). Ende des Jahres 1999 waren in der EU insgesamt ca. 8 482 Mio. m² Solarkollektoren installiert. In den letzten Jahren weisen Großbritannien, Spanien, Griechenland und Deutschland die größten Zuwächse auf.[233]

(1007) Für die kommenden Jahre prognostiziert die European Solar Industry Federation (ESIF) ein jährliches Wachstum von 23 %, das im Jahr 2005 in Europa zu einer installierten Fläche von 28 Mio. m² führen würde.

(1008) In Deutschland waren Ende 1997 1,6 Mio. m² verglaste Kollektoren und etwa 500 000 m² Kunststoffabsorber installiert (Abbildung 4-52). Nach einem Abflauen der Wachstumsdynamik in den Jahren 1998 und 1999 beschleunigte sich das Marktwachstum durch das Marktanreizprogramm des BMWi wieder. Die Arbeitsgemeinschaft Solarwirtschaft (ARGE Solarwirtschaft) und der Deutsche Fachverband Solarenergie (DFS) beziffern die in 2000 installierte Kollektorfläche mit 600 000 m². Der Anteil der Vakuumröhrenkollektoren steigerte sich auf 17,6 % (90 000 m²). Die in Deutschland installierte Fläche der verglasten Sonnenkollektoren erhöhte sich damit laut Schätzung des DFS auf beinahe 3,8 Mio. m² im Jahr 2001. Für 2002 rechnet man hier einem Zuwachs von etwas über 1 Mio. m².

(1009) Die im Jahr 2000 aus Sonnenkollektoren gewonnen Wärme (1,1 TWh) führte laut ARGE Solarwirtschaft zu einer Einsparung an Primärenergie in Höhe von 5,76 PJ.

(1010) Im Jahr 2000 stammten 59 % der installierten Sonnenkollektoren aus deutscher Produktion. Dabei bestätigt der steigende Anteil von Kollektoren aus inländischer Produktion die positiven Auswirkungen von Breitenförderprogrammen auf die deutsche Produktion.

Potenziale

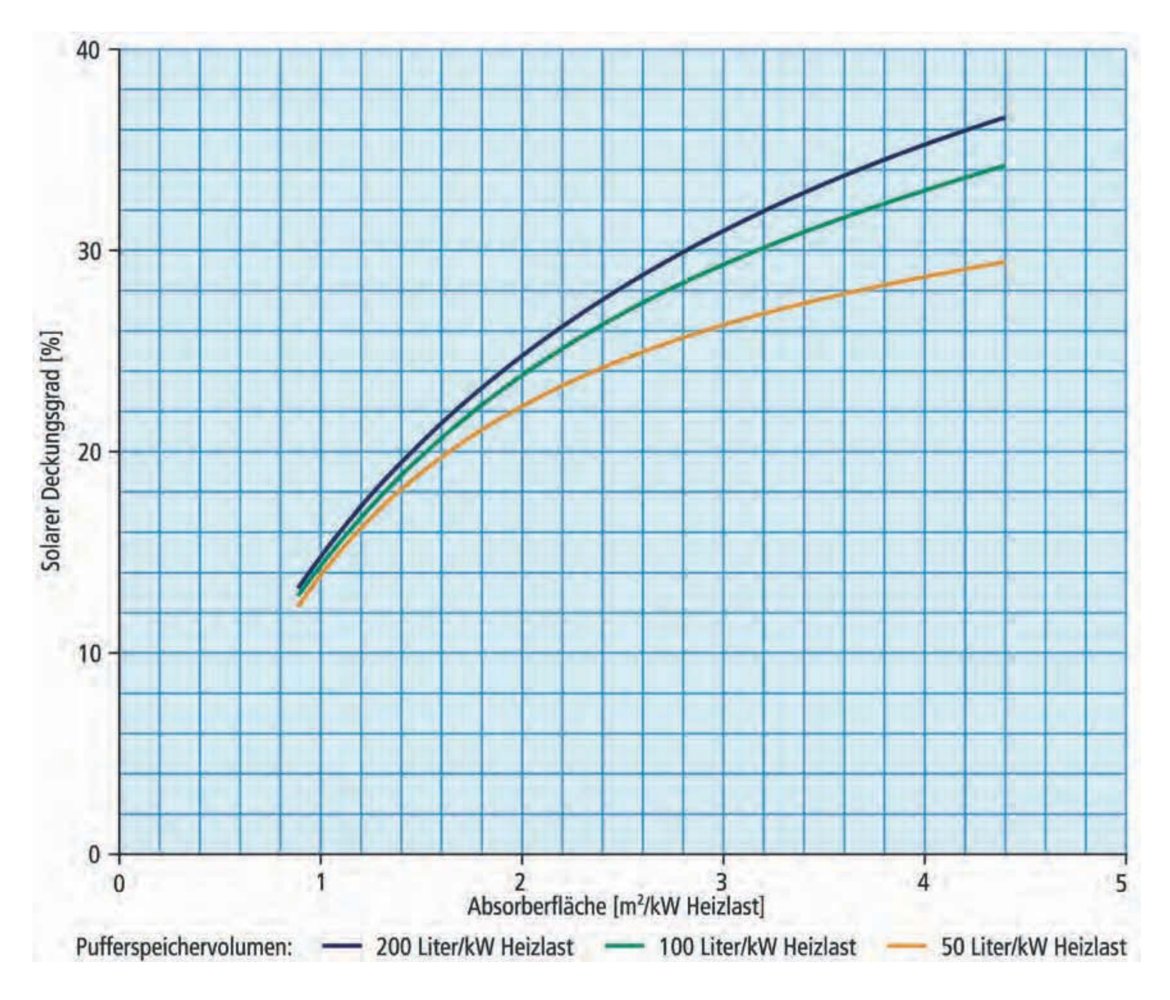
(1011) Die für die Installation solarthermischer Anlagen geeigneten Flächen sind mit denen der Photovoltaik iden-

[233] Stryi-Hipp (2001).



Abbildung 4-52

Solarer Deckungsgrad in Abhängigkeit von installierter Kollektorfläche und Speichervolumen



tisch, so dass diese Anwendungsfelder in Bezug auf die Flächen in Konkurrenz zueinander stehen. Wird eine weltweit installierbare Kollektorfläche von 10 m^2 pro Kopf zugrunde gelegt, so ergibt sich bei einem Systemwirkungsgrad von 45 % das technische Potenzial der solaren Wärmegewinnung zu 155 205 PJ.

(1012) Die angegebenen Potenziale beziehen sich auf die Nutzung der zur Verfügung stehenden unverschatteten Fläche auf Gebäuden.

(1013) Das Potenzial der Solarthermie innerhalb der EU15 beträgt ca. 11 100 PJ/a (Tabelle 4-71).

(1014) In Deutschland sind dies 1 662 PJ/a auf den Dächern und 449 PJ/a an den Fassaden der Gebäude. Diese Darbietung unterliegt jahreszeitlichen und täglichen Schwankungen.

(1015) Eine Aussage über die Rolle der Solarthermie in der Wärmebereitstellung in Deutschland lässt sich aus dem Vergleich mit dem Wärmebedarf ableiten (Abbildung 4-53).

(1016) Der Endenergieverbrauch für Warmwasserbereitung und Raumheizung in den deutschen Haushalten betrug 1999 2 321 PJ, wobei 302 PJ auf die Brauchwassererwärmung und 2 019 PJ auf Heizwärme entfielen.[234] Zahlen der Arbeitsgemeinschaft Solarwirtschaft aus dem Jahr 2001 geben hier 191 PJ für die Warmwasserbereitung und 1 613 PJ für die Beheizung von Wohnräumen an.

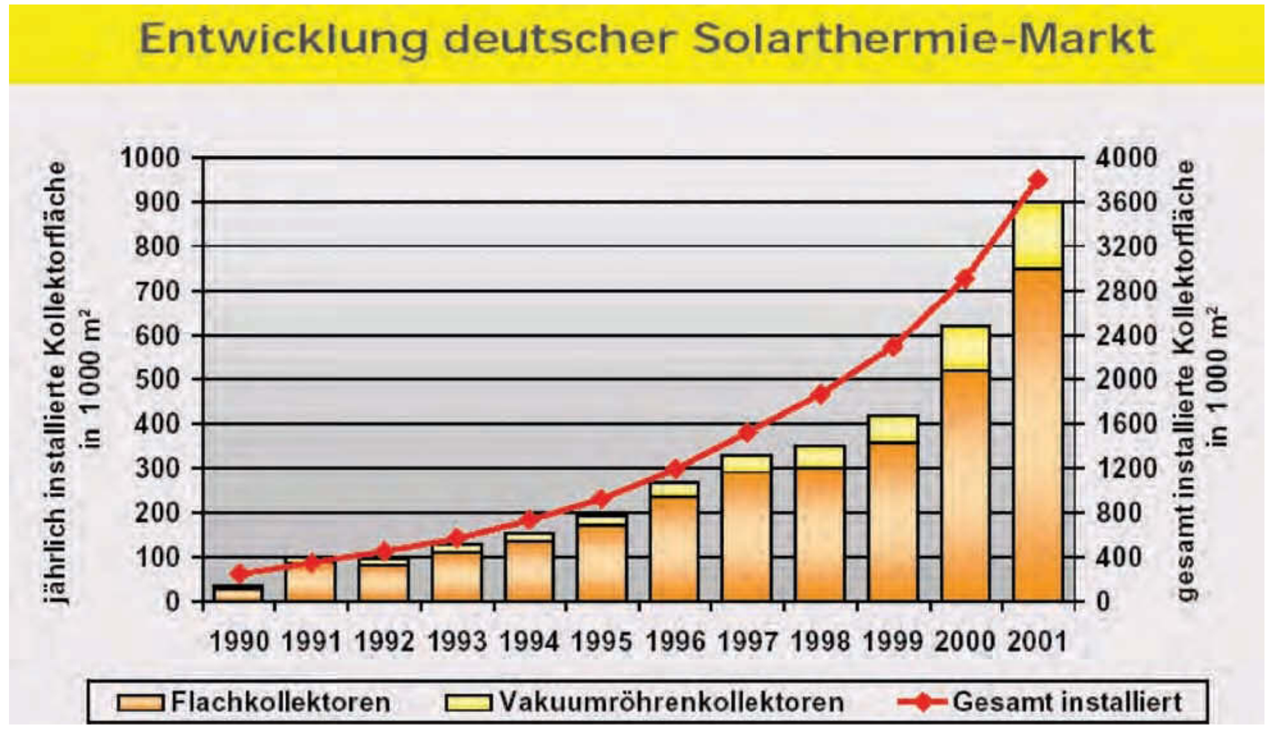
(1017) Legt man die Bedarfswerte der ARGE Solarwirtschaft zugrunde, so übertrifft der gesamte solarthermische Wärmeertrag von 2 112 PJ/a den Wärmebedarf der deutschen Haushalte deutlich; zieht man die Werte der VDEW für das Jahr 1999 zu Bewertung heran, so könnten gut 88 % des Bedarfs solar gedeckt werden.

(1018) Vor dem Hintergrund der Energieeinsparverordnung und den Ausführungen in Kapitel 4.3.1 wird deutlich, dass der Wärmebedarf im Bereich der Haushalte, aber zunehmend auch im Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistung und bei den Niedertemperaturanwendungen in der Industrie durch solarthermische Anlagen in erheblichem Umfang abgedeckt werden können.

[234] VDEW (2000).

Abbildung 4-53

Jährliche Installationsrate und gesamte installierte Kollektorfläche verglaster Kollektoren in Deutschland von 1990 bis 2001



Quelle: DFS

Kosten und Kostenentwicklung

(1019) Der größte Kostenfaktor bei solaren Brauchwasseranlagen und Anlagen zur solaren Raumheizungsunterstützung sind die Kollektoren mit ca. 40 %.[235]

(1020) Wie das Öko-Institut in seiner Marktübersicht analysiert, lagen die solaren Wärmekosten in 1996, je nach System und Anlagengröße, zwischen 0,036 und 0,302 €/kWh (Tabelle 4-72).[236]

(1021) Detaillierte Informationen zu den Wärmegestehungskosten solarthermischer Anlagen, in verschiedenen Auslegungen und Anwendungsgebieten, sowie Investitions-, Betriebskosten und technische Daten sind im Rahmen der vorbereitenden Arbeiten (Basisdaten) für die Szenarien durch die Gutachter und die Kommission erarbeitet worden. In der Tabelle 4-73, Seite 282, sind die Daten dargestellt.

(1022) Eine Abschätzung der Kommission geht bei der langfristigen Preisentwicklung für verglaste Kollektoren von einer Kostenreduktion um 66 % bis zum Jahr 2020 aus. Dies wird auch durch ältere Quellen bestätigt. Dieses Preisniveau wird sich in der Folgezeit stabilisieren (Abbildung 4-54, Tabelle 4-73).

[235] Öko-Institut (1997).

[236] Öko-Institut (1997).

4.3.6.5 Wasserkraft

(1023) Das Wasser auf der Erdoberfläche bewegt sich in einem Kreislauf, der von der Energie der Sonne angetrieben wird. Wasser, das sich durch Verdunstung und Abregnen auf einem geographisch höheren Niveau befindet, enthält mehr potenzielle Energie (Lageenergie) als Wasser in den Meeren. Jede Wasserkraftanlage nutzt die Tatsache aus, dass Wasser beim Strömen von einem höheren zu einem niedrigeren Niveau diese potenzielle Energie abgibt.

(1024) Der Wirkungsgrad von heutigen Wasserkraftanlagen – er berücksichtigt auch die Verluste in den Turbinen, Generatoren und den Getrieben – reicht von 60 bis 90 %. Die elektrische Leistung der Anlagen reicht von wenigen Kilowatt bis in den zweistelligen Gigawatt-Bereich. Es gibt eine Reihe unterschiedlicher technischer Arten.

(1025) Die Nutzung der Wasserkraft zur Stromerzeugung findet bereits seit über 100 Jahren statt und gehört somit zum technischen Standard, der keine bedeutenden technischen Fortschritte mehr erwarten lässt. Die ökonomische Lebensdauer einer Wasserkraftanlage kann sich durchaus auf 50–100 Jahre belaufen.[237]

[237] Moreira, Poole (1993).

Tabelle 4-71

Die Potenziale der Solarthermie in der EU

Land	Dachflächen PJ/a	Fassadenflächen PJ/a	Gesamt PJ/a
Belgien	190	52	242
Österreich	197	53	250
Dänemark	107	29	136
Deutschland	1 662	449	2 112
Finnland	114	30	144
Frankreich	1 299	338	1 637
Griechenland	333	89	423
Italien	1 754	465	2 219
Irland	85	22	108
Luxembourg	8	2	10
Niederlande	289	81	370
Portugal	358	94	452
Schweden	13	3,4	16,6
Spanien	1 349	355	1 704
UK	989	275	1 264
EU 15	**8 750**	**2 337**	**11 087**

Quelle: Lehmann (2002)

Tabelle 4-72

Solare Wärmegestehungskosten für verschiedene Anlagentypen in Freiburg

Anwendung		Solare Wärmekosten in €/kWh*
große Solaranlagen	unverglaste Kollektoren	0,036–0,051
	große WW-Anlagen	0,066–0,087
	Nahwärme mit Kurzzeitspeicher	0,051–0,112
	Nahwärme mit Langzeitspeicher	0,133–0,21
kleine Solaranlagen	Brauchwasserwärme	0,112–0,251
	Raumheizungsunterstützung	0,123–0,302

* Berechnung für den Standort Freiburg (Globalstrahlung 1,184 kWh/m^2a)

Quelle: Öko-Institut (1997)

Tabelle 4-73

Basisdaten für solarthermische Kollektoranlagen

		Einzelanlagen				Großanlagen mit Nahwärmenetz[2]		
		1	2	3	4	5	6	7
Anlagentyp		EFH (WW)	EFH (WW+Hzg.)	Nicht-wohngeb. (WW)	Nicht-wohngeb. (WW+Hzg.)	Neubau-siedlung (WW+Hzg.)	Altbau-siedlung (WW+Hzg.)	Neubau-siedlung (WW+Hzg.)
solarer Deckungsanteil	%	59 % an WW	22 %[1]	25 % an WW	28 %	80 %	72 %	80 %
Kollektorfläche	m^2	5	15	50	1 300	8 072	7 250	22 300
Speichervolumen	m^3	0,35	1,1	3,0	350	20 000	16 400	50 000
Heutige Investitionskosten	TDM	9,4	18,1	53,8	882	7 882	8 280	17 222
davon Kollektoren	TDM	5,6	11,6	37,6	667	3 604	4 620	8 722
Betriebskosten	TDM/a	0,17	0,33	1,03	17,7	123	136	288
Jahresdurchschnittlicher Ertrag	MWh/a	1,9	3,4	32,5	420	1 600	1 440	5 760
spez. Investitionskosten	DM/m^2	1 872	1 209	1 076	679	982	1 142	772
spezifischer Ertrag	kWh/m^2, a	380	230	650	320	199	199	258
heutige solare Wärmekosten	Pf/kWh	51	55	18	22	47	56	29
Kostendegressionsfaktor		0,75	0,75	0,72	0,45	0,38	0,4	0,38
längerfristig erreichbare Kosten	Pf/kWh	38	41	13	10	18	23	12

Beispielrechnung: Zins 6 %, Abschreibung 20 Jahre, Großspeicher 30 Jahre

WW = Warmwasser, Hzg. = Heizung (Raumwärme)

1 60 % des Warmwasser- und 10 % des Raumwärmebedarfs werden solar gedeckt.

2 Die Kosten für das Nahwärmenetz hängen von den lokalen Bedingungen ab und sind in den hier aufgeführten Kosten nicht enthalten.

3 Bodeninstallation der Kollektoren.

Stand der Nutzung

(1026) Heute ist die Wasserkraft die weltweit größte, kommerziell genutzte regenerative Energiequelle zur Stromproduktion: Mit Hilfe der Wasserkraft sind 17,8 % der Stromproduktion des Jahres 1998 produziert worden. Im Jahr 1998 wurde in 37 Ländern mindestens 50 % bis zu 99,9 % (Paraguay) des gesamten Stromverbrauchs aus Wasserkraft gedeckt.[238] Aus den 1999 installierten 669 000 MW Kraftwerksleistung wurden 9 487 PJ (2 635 TWh) Strom erzeugt. Über die höchste installierte Leistung verfügt Asien, gefolgt von Europa sowie Nord- und Mittelamerika.[239]

(1027) Die weltweite Zubaurate – 10 000 bis 15 000 MW jährlich, mit Schwerpunkt in Asien und dort China – ist über die letzten Jahre hinweg recht konstant.[240]

(1028) In den meisten Ländern der EU konnte der Ausbau der Wasserkraft nicht mit dem Anstieg der Stromerzeugung mithalten. Insgesamt stieg die Stromproduktion aus Wasserkraft von 1980 bis 1998 von ca. 999 PJ/a auf etwa 1 096 PJ/a (Anstieg: 9,7 % in 18 Jahren).

(1029) Norwegen war 1998 mit 405,4 PJ, der bedeutendste Wasserstromproduzent Europas, gefolgt von Schweden (Anteil an der inländischen Stromerzeugung: Norwegen 99 %, Schweden 48 %, Österreich 69 %, Portugal 35 %).[241]

238 Weltbank (2001b).

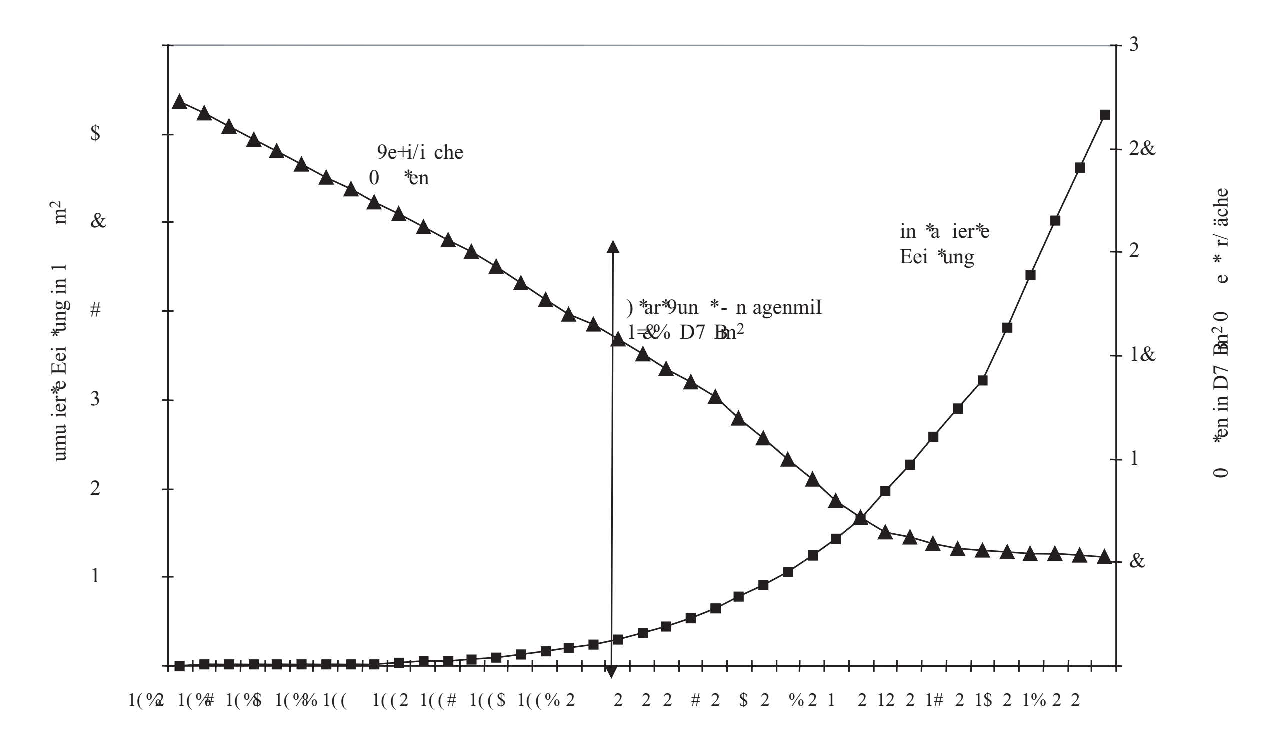
239 Allnoch (2000), BP (2001).

240 IJHD (1998), EIA (1998).

241 Eurelectric (2002), VDEW (laufende Berichterstattung).

Abbildung 4-54

Der Lernfaktor solarthermischer Kollektorsysteme



(1030) In der Gesamtbilanz fiel der Anteil der Wasserkraft in der Stromerzeugung der EU 12/15 von 16,6 % (1980) auf 12,3 % (1998).

(1031) In Deutschland lag die Anzahl der von Stromversorgern betriebenen Wasserkraftwerke 1999 bei 657; hinzu kamen 4 963 von privaten Einspeisern betriebene Anlagen. Die installierte Anlagenleistung auf Seiten der Stromversorger betrug 4 054 MW, bei den privat betriebenen waren es 493 MW. Insgesamt wurden 1999 ca. 71 PJ Strom produziert, wovon rund 65 PJ auf die Kraftwerke der EVU und 6 PJ auf privat betriebene Anlagen entfielen. Damit lag der Anteil der Wasserkraft an der Stromproduktion in Deutschland 1999 bei 4,2 %.[242]

Potenziale

(1032) Mehrheitlich wird das technische Stromerzeugungspotenzial über die letzten zehn Jahre hinweg mit weltweit etwa 54 000 PJ/a beschrieben. In Bezug auf das wirtschaftliche Potenzial wird in der Literatur eine Bandbreite von 28 000 PJ/a bis 33 660 PJ/a dargelegt (Abbildung 4-55, Tabelle 4-74).

(1033) Selbst wenn der niedrigere Wert für das wirtschaftliche Potenzial zugrundegelegt wird, wären ca. 53 % der weltweiten Stromproduktion (53 150 PJ in 1999)[243] wirtschaftlich aus Wasserkraft zu erzeugen.

(1034) Eine Ermittlung des Wasserkraftpotenzials für die EU12 wurde im Jahr 1992 von Water Power & Dam Construction veröffentlicht. Das gesamte technische Potenzial für diese 12 Länder wird mit ca. 997 PJ/a angegeben. Die größten Potenziale werden in Frankreich, mit 259 PJ/a, Spanien (ca. 236 PJ/a) und Italien, (ca. 234 PJ/a), gesehen. Das Potenzial der kleinen Wasserkraftwerke – Kraftwerksleistung bis 2 MW – wird auf ca. 76 PJ/a beziffert. Knapp 71 % davon entfallen auf Portugal.[244]

(1035) Die Beurteilungen des in der BRD vorhandenen technischen Potenzials der Wasserkraft gehen weit auseinander (Tabelle 4-75). Je nach Quelle liegen die Schätzungen im Bereich zwischen etwa 90 – 126 PJ/a. Bezogen auf den, über den Zeitraum von 1991 – 2000 erreichten, gemittelten Wert von ca. 77 PJ/a ergibt das Werte von 117 % – 164 % des derzeit genutzten Potenzials.

(1036) Das sich aus der Anlagenmodernisierung ergebende Potenzial wird vom Institut für Wasserbau der Universität Stuttgart (IWS) mit 7,2 PJ/a, also mit ca. 10 % angegeben. Auf einem 1998 in München abgehaltenen Symposium wurde für die bayerischen Wasserkraftwerke ein Wert von 5,2 % genannt.[245]

---

[242] Staiß (2001).

[242] IEA (2001).

[244] Water Power & Dam Construction (1992), Water Power & Dam Construction (1990).

[245] Wasserbau-Symposium „Planung und Realisierung im Wasserbau – Vergleich von Zielvorstellungen mit Ergebnissen.“ Garmisch-Partenkirchen 10/1998.

Tabelle 4-74

Wasserkraftpotenziale und Stromerzeugung aus Wasserkraft in der Welt

Kontinent	theoretisches Potenzial	technisches Potenzial	wirtschaftliches Potenzial	vorhandene Stromerzeugung
	in PJ/a			
Afrika	6 605	5 040	2 520	182
Asien	54 000	18 000	9 756	2 002
Europa	9 443	4 417	3 096	1 580
Nordamerika	5 419	3 240	2 880	2 047
Ozeanien	2 142	1 019	619	139
Süd-/Zentralamerika	34 200	14 400	10 800	1 404
GGUS-Staaten	14 191	7 884	3 942	841
Welt	**126 000**	**54 000**	**33 660 (28 000)***	**8 172**

Quelle: Internationales Wirtschaftsforum Regenerative Energien (IWR) (2001)

Abbildung 4-55

Wasserkraftpotenziale und Stromerzeugung aus Wasserkraft in der Welt

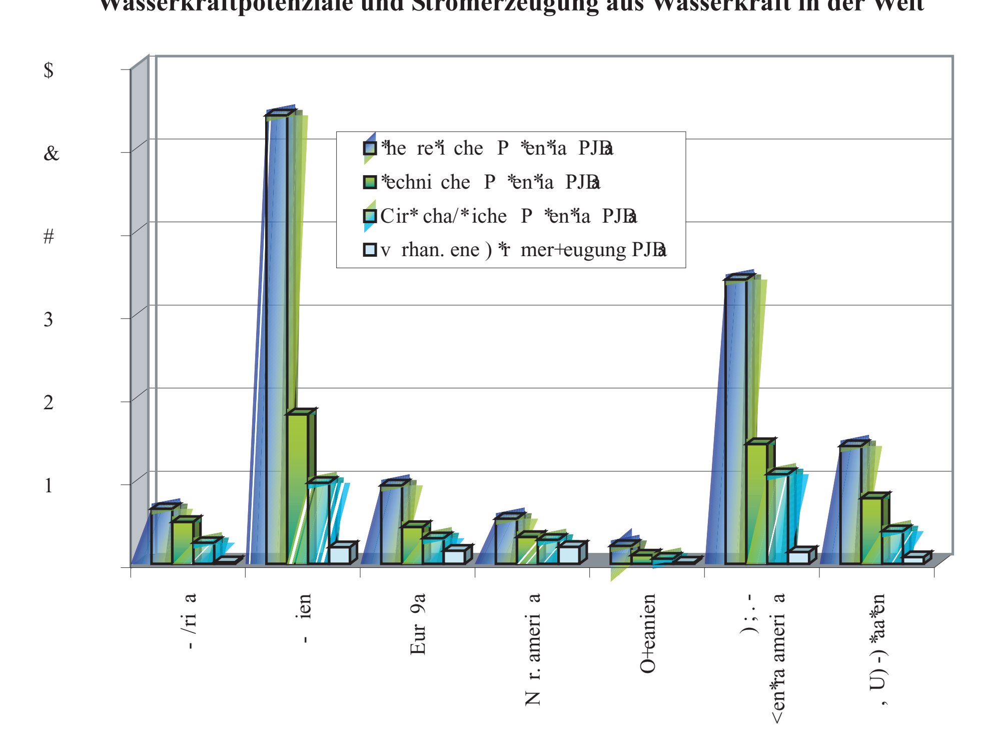


Tabelle 4-75

Das technische Potenzial der Wasserkraft, differenziert nach Bundesländern

	Leistung		Jahresarbeit		technisches Potenzial gesamt PJ*
	derzeit	noch nutzbar	derzeit	noch nutzbar	
Bayern	2 843	500	47,4	10,8	58,16 (49)
Baden-Württemberg	1 100	800	18	16,2	34,2 (22,6)
Rheinland-Pfalz	260	55	4,4	1,5	50,9 (5,4)
Hessen	230	100	3,6	0,72	4,3 (3)
Nordrhein-Westfalen	200	100	3,6	2,16	5,8 (2,5)
Thüringen	70	90	1,2	1,71	2,9 (1,5)
Niedersachsen	62	30	1	0,6	1,6 (1,3)
Saarland	15	2,5	0,26	0,05	0,3 (0,6)
Sachsen	12	150	0,25	2,27	2,5 (1,2)
Sachsen-Anhalt	4,5	90	0,09	1,7	1,8 (1,3)
Schleswig-Holstein	3	0,5	0,05	0,01	0,06 (0,04)
Brandenburg	3,5	32	0,07	0,65	0,72 (0,36)
Mecklenburg-Vorpommern	2	18	0,04	0,32	0,36 (0,18)
Gesamt	4 805	1 903	79,9	38,7	118,65 (88,9)
Gerundet	4 800	1 900	80	39	119 (89)
Gesamtpotenzial ca.		6 700		119	

* Anmerkung: Andere Studien bestätigen die Größenordnung des Potenzials (DFVLR, 1983), (DIW/IST, 1984), (KfA, 1992).

Quelle: Engelberger, Zeller (1999), Kaltschmitt (1994)

Kosten und Kostenentwicklung

(1037) In einer im Jahr 1995 in Wasserkraft und Energie veröffentlichten Studie wurden besonders die Stromgestehungskosten von Wasserkraftwerken mit einer Leistung von 100 kW untersucht. Die niedrigsten Stromgestehungskosten weist hier die modernisierte Anlage mit 10,2 ct./kWh auf. Bei einem Investitionskostenzuschuss von 30 % gehen die Stromgestehungskosten dieser Anlage auf 9,2 ct./kWh zurück. Ungünstiger liegen die Stromkosten bei der Reaktivierung einer bereits stillgelegten Anlage (15,3 ct./kWh) und einem Anlagenneubau mit 20,5 ct./kWh. Untersucht wurde auch die Modernisierung einer Anlage mit 5 000 kW Leistung. Hier betragen die Stromgestehungskosten 8,7 ct./kWh. Es wurde zur Berechnung ein Bewilligungszeitraum von 60 Jahren zugrundegelegt (Tabelle 4-76).

(1038) Laut einer Studie von Dumont und Brown bewegen sich die Stromgestehungskosten zwischen 1 und 3,6 ct. für die Kilowattstunde bei Großanlagen und zwischen 5,1 und 10,2 ct. bei Kleinanlagen, wobei vereinzelt auch Preise von 51ct./kWh oder mehr möglich sind. Andererseits können bei Revitalisierung auch Kleinwasserkraftwerke zu Preisen bis hinunter zu 5 ct. arbeiten.[246]

Tabelle 4-76

Stromerzeugungskosten von Wasserkraftwerken

Art der Anlage	Stromerzeugungskosten (ct./kWh)
100 kW, Neubau, günstige Lage	
Investitionskosten 9 189 €/kW	20,5
100 kW, reaktiviert, günstige Lage	
Investitionskosten 6 637 €/kW	15,3
100 kW, modernisiert, günstige Lage	
Investitionskosten 3 068 €/kW	10,2
selbe Anlage mit 30 % Investitionszuschuss	9,2
5 000 kW, modernisiert	
Investitionskosten 2 556 €/kW	8,7

Quelle: Wasserkraft & Energie (1995)

[246] Dumont, Brown (1997).

(1039) Eine weitere Quelle beziffert die Stromerzeugungskosten für kleine Wasserkraftwerke mit 8,7 bis 12,8 ct./kWh.[247]

(1040) Eine detaillierte Studie zu den Kosten der Stromerzeugung ergab für Anlagen in der Größenordnung 100-5 000 kW Investitionskosten zwischen 6 647 und 17 895 €/kW bei Neubau, 5 113 bis 13 294 €/kW bei Reaktivierung und 2 045–5 113 €/kW bei Modernisierung alter Anlagen (Tabelle 4-77).[248]

Tabelle 4-77

Investitionskosten für Wasserkraftwerke der Größe 100 bis 5 000 kW

Anlagengröße (kW)	Regelkosten (€/kW)	Kostenspanne (€/kW)
Neubau		
0–100	12 782	8 692–17 895
100–500	9 203	7 669–12 782
500–5 000	7 669	6 647–10 226
Reaktivierung		
0–100	9 715	6 647–13 294
100–500	7 158	5 624–9 715
500–5 000	5 624	5 113–7 669
Modernisierung		
0–100	3 579	2 556–5 113
100–500	2 556	2 045–3 579
500–5 000	2 045	2 045–3 068

Quelle: Wasserkraft & Energie (1995)

(1041) Die für die Szenarien durch die Gutachter und die Kommission ermittelten Basisdaten nennen folgende Referenzanlagen und Kosten.[249]

(1042) Die Kostenbetrachtungen erfolgen zum einen auf der Basis eines Zinssatzes 6 % und einer für diese Anlagentypen charakteristischen Abschreibungsdauer (30 Jahre) (Tabelle 4-78).

(1043) Für die Revitalisierung alter Anlagen werden 3 835 €/kW, für Teilmodernisierung/Ertüchtigung 1 534 €/kW zugrunde gelegt.

4.3.6.6 Windkraft

(1044) Windkraftanlagen wandeln die Strömung von Luft mit Hilfe eines Rotors in mechanische Kraft um. Diese mechanische Kraft kann dann direkt für mechanische Antriebszwecke – z. B. Pumpen – oder in einem Generator zur Stromgewinnung genutzt werden.

(1045) Grundsätzlich unterscheidet man bei Windkraftanlagen zwischen Anlagen, bei denen sich der Rotor um eine horizontale Achse dreht und Anlagen mit senkrecht angeordneter Achse. Zur Stromerzeugung werden heute schnellläufige Zwei- oder Dreiblattrotoren verwendet. Die Windkraftanlagen zur Stromerzeugung werden entweder durch eine Verdrehung des Rotorblattes um seine Längsachse oder durch die sogenannte Stall-Regelung gesteuert. Bei der Stall-Regelung sind das Rotorblatt und das Profil des Rotorblattes so ausgelegt, dass bei hohen Windgeschwindigkeiten die Luftströmung an den Blättern abreißt. Das verhindert bei stärker werdendem Wind eine Überlastung oder gar Zerstörung.

Stand der Nutzung

(1046) Alleine im Jahr 2001 wuchs die weltweit installierte Windkraftleistung um ca. 5 000 MW (28,5 %) und übertraf damit erneut das Wachstum des Vorjahres. Am Ende des Jahres 2001 waren weltweit Windkraftanlagen mit einer Leistung von ca. 22 500 MW installiert.

(1047) Während das US-amerikanische Wachstum deutlich einbrach, setzte sich die Wachstumsdynamik in Europa fort. Auch in vielen Entwicklungs- und Schwellenländern, einschl. Indien, China und Südamerika, hat ein starker Zubau eingesetzt.

(1048) Inzwischen ist der Weltmarkt eindeutig europäisch geprägt (Abbildung 4-56, Tabelle 4-79). Ende des Jahres 2000 waren ca. 17 500 MW Leistung weltweit installiert, davon entfielen mehr als 13 000 MW auf Europa.[250]

(1049) In Bezug auf den aus Windenergie gedeckten Anteil am Elektrizitätsbedarf steht Dänemark mit gut 16 % auf einer herausragenden Position. Deutschland hat mit mehr als 1/3 der weltweit installierten Leistung eindeutig die Rolle des Spitzenreiters eingenommen.

(1050) Durch das starke Wachstum stieg die Zahl der Windkraftanlagen in Deutschland von 7 700 Anlagen im Jahr 1999 auf etwa 11 500 am Ende des Jahres 2001 (Abbildung 4-57, Tabelle 4-80). Die gesamte installierte Leistung erreichte damit einen Wert von gut 8 750 MW.[251]

(1051) Der Ausbau der Windenergie hat sich in Deutschland immer mehr in das Binnenland verlagert (Tabelle 4-81 und Abbildung 4-58). In 2000 lag der Anteil an der Küste nur noch knapp über 10 % (über 70 % in 1993); der Zubau in der norddeutschen Tiefebene stieg von knapp 20 % auf etwa 55 % aller Neuinstallationen. Auch die Mittelgebirge verzeichnen deutliche Zugewinne.

[247] Energiewirtschaftliche Briefe (1989).

[248] Wasserkraft & Energie (1995).

[249] Die Kostenbetrachtungen erfolgen zum einen auf der Basis eines Zinssatzes 6 % und einer für diese Anlagentypen charakteristischen Abschreibungsdauer (30 Jahre).

[250] IG Windkraft (2001) http://www.igwindkraft.at/windenergie/w_weltweit.htm .

[251] BWE (2002), Materialien zur Jahreskonferenz am 15 Januar 2002, IWET (2001).

Tabelle 4-78

Technische und wirtschaftliche Daten ausgewählter Referenzanlagen (Neubau) zur Nutzung der Wasserkraft (Zins 6 %, Abschreibung 30 a)

Technische Daten						
Nennleistung	MW	0,07	0,3	1	10	100
Vollaststunden	h/a	4 000	4 300	5 000	5 500	5 700
Wirtschaftliche Daten						
Neubaukosten	€/kW	7,158	5,624	5,113	4,602	4,09
Modernisierungskosten			4,602	4,09	3,579	3,579
(Komplettsanierung)		5,113				
Betriebskosten Neubau	% Inv./a	1,2	1	0,9	0,8	0,8
Betriebskosten Modern.		3,2	1,8	1,1	1	1
Stromkosten						
Neubau (Zins 6 %)	€/kWh	**0,151**	**0,108**	**0,083**	**0,067**	**0,058**
Modernisierung	€/kWh	**0,134**	**0,097**	**0,069**	**0,054**	**0,052**
Abgeschrieb. Anlage		**0,077**	**0,059**	**0,036**	**0,026**	**0,02**

Tabelle 4-79

Bestand 1998 und 2000, zugebaute Leistung in den Jahren 1999 u. 2000, in verschiedenen Ländern

Land	**Stand Ende 1998**	**Zubau 1999**	**Zubau 2000**	**Stand Ende 2000**
	in MW			
BRD	2 829	1 560	1 648	6 037/(6 113)
Spanien	809	729	893	2 451/(2 235)
Dänemark	1 414	328	555	2 297/(2 300)
Niederlande	345	65	38	448/(446)
GB	334	22	53	409/(406)
Italien	180	31	178	389/(427)
Schweden	150	70	11	231/(231)

* Werte in Klammern nach EWEA (2000)

Quellen: Windpower Monthly (2001), ergänzt durch Daten von IWET (2001) und BWE (2001)

(1052) Nach verschiedenen Quellen liegt die eingesparte Menge an CO_2 pro kWh Strom aus Windenergieanlagen im Bereich von 0,8 bis 0,84 kg.[252] Dies bedeutet, dass durch die Nutzung der Windenergie im Zeitraum von 1989–2000 mehr als 23,3 Mio. t an CO_2-Emissionen eingespart wurden.

Potenziale

(1053) Laut EWEA[253] beträgt das derzeitige weltweite technische Windstrompotenzial an Land ca. 190 800 PJ/Jahr

[252] IER (2001), Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie; Ministerium für Wirtschaft und Mittelstand, Energie und Verkehr Nordrhein-Westfalen, „Vorsorgender Klimaschutz durch nachhaltige Effizienzsteigerung in allen Bereichen des Energiesystems (2001), ISET (2001).

[253] EWEA (2000).

Abbildung 4-56

Bestand 1998 und 2000, zugebaute Leistung in den Jahren 1999 u. 2000, in verschiedenen Ländern

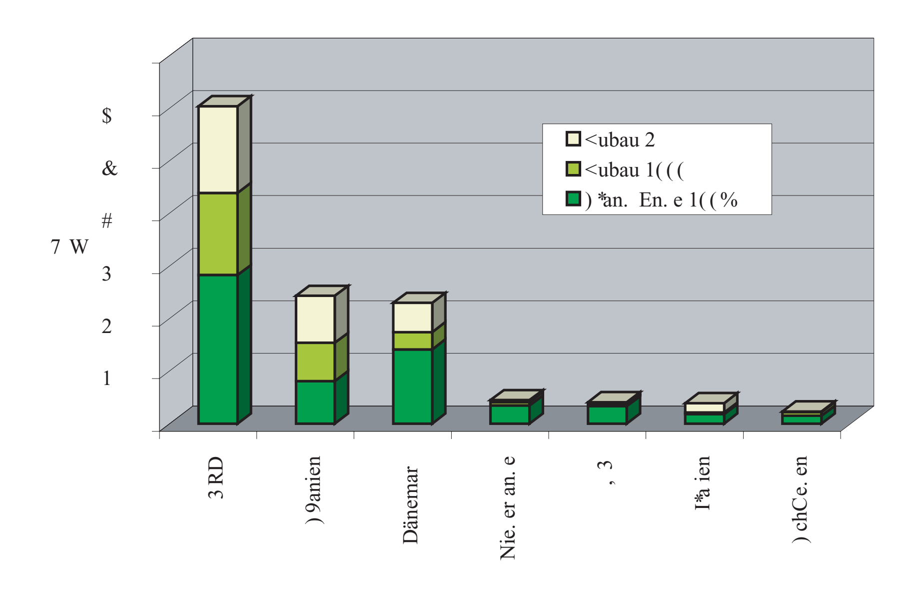


Tabelle 4-80

Jährlich neu installierte und kumulierte Leistung, Anlagenanzahl und durchschnittliche Anlagenleistung in Deutschland von 1992 bis 2001

Jahr	Neuinstalliert				Gesamtinstalliert			
	Leistung		Anlagen		Kumulierte Leistung		Anlagen	
	MW	Zum Vorjahr %	Anzahl	Ø Leistg. kW	MW	Zum Vorjahr %	Anzahl	Ø Leistg. kW
1992	70	66.7	386	181	172	68,6	1 100	156
1993	144	105,7	551	261	316	83,7	1 651	191
1994	293	103,5	809	363	609	92,7	2 460	248
1995	480	63,8	1 000	481	1 089	78,8	3 460	315
1996	432	– 10	803	535	1 521	39,7	4 263	357
1997	508	17,6	804	626	2 029	33,4	5 067	400
1998	801	57,7	1 016	788	2 830	39,5	6 083	465
1999	1 560	94,8	1 674	931	4 390	55,1	7 757	566
2000	1 648	5,6	1 468	1 120	6 038	37,5	9 225	654
2001	2 659	61,3	2 079	1 279	8 754	45	11 438	765

Quelle: ISET, IWET (2001), Pressekonferenz BWE (15.1.2002)

Abbildung 4-57

Jährlich neuinstallierte und kumulierte Leistung in Deutschland von 1992 bis 2001

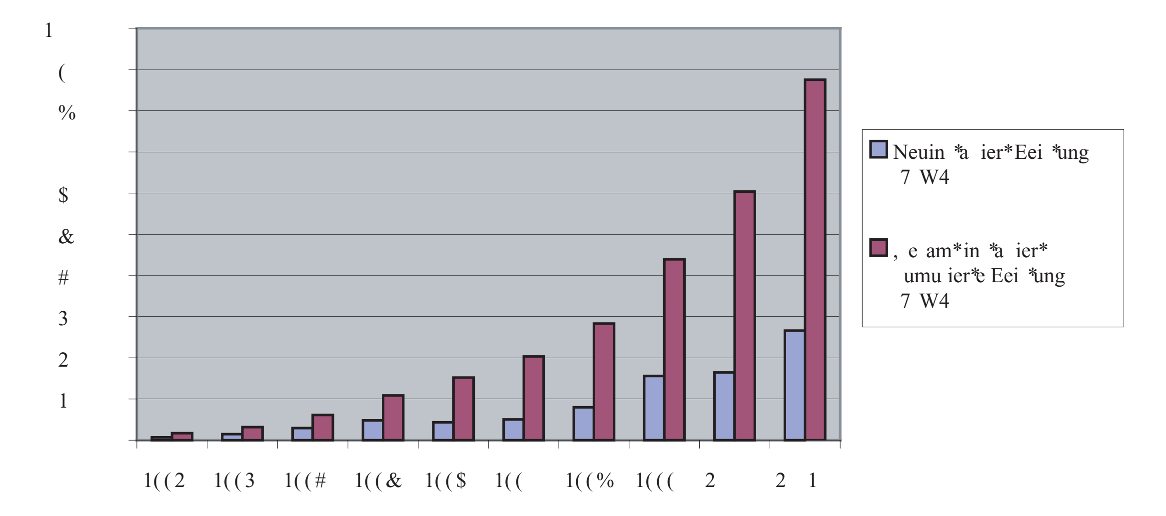
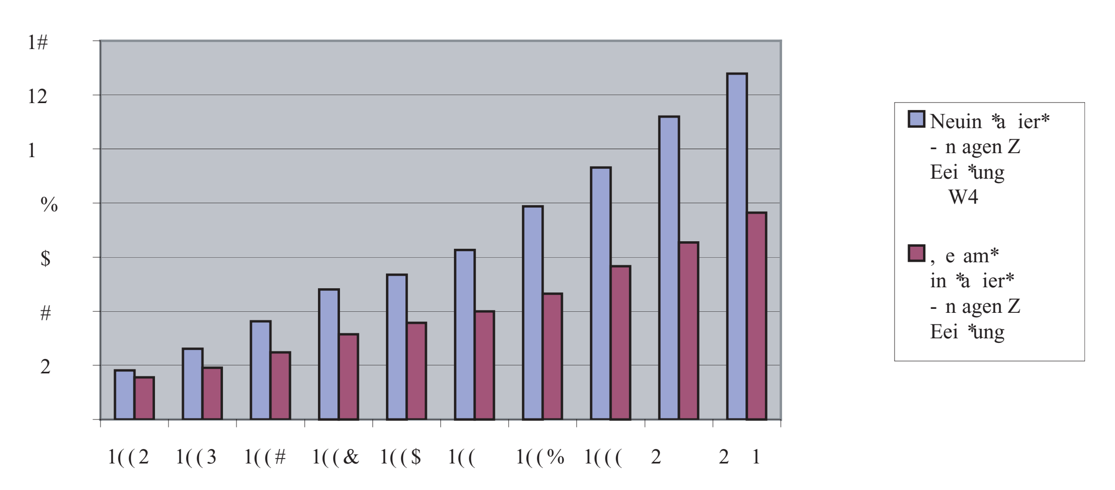


Abbildung 4-58

Entwicklung der durchschnittlichen Anlagengröße



(ca. das 3,6-fache der weltweiten Stromerzeugung in 1999). Hierbei sind die Offshore-Potenziale noch nicht berücksichtigt. Das technische Potenzial der Windenergie stellt keinen limitierenden Faktor dar. Ziele wie z. B. 10 % Windstromanteil in 2020 sind daher durchaus realistisch.[254]

(1054) Insbesondere für Europa wird erwartet, dass im Offshore-Bereich bereits in den nächsten Jahren große Kapazitäten erschlossen werden, die zu einem 20 %igen Anteil am europäischen Stromverbrauch in 2020 führen können. Dabei werden keine ernsthaften Probleme bei der Aufnahmefähigkeit des elektrischen Netzes erwartet.[255] Je nach Annahmen bzw. Restriktionen liegt das technische Offshore-Potenzial in Europa (ohne Norwegen und Schweden) zwischen 313 und 3 028 TWh/a.[256]

(1055) Die Stromerzeugungspotenziale durch Windenergie wurden für Deutschland im Rahmen verschiedener Studien relativ verlässlich abgeschätzt. Ohne Nutzung des Offshore-Potenzials decken die Angaben in der Literatur einen Bereich von 374–460,8 PJ/a ab.[257] In einer aktuellen

[254] Auch ehrgeizigere Ziele rücken mit den neuen Großanlagen und deren Nutzung in windhöffigen Gebieten (z. B. Offshore-Windparks) in den Bereich des realisierbaren.

[255] vgl. Anhörung A am 20. November 01 und Kap. 4.3.7.

[256] Garrad Hassan und Germanischer Lloyd: „Study of Offshore Wind-Energy in the EC“, im Rahmen des Joule-Programms, 1995.

[257] BMWi (1994), Kaltschmitt, Wiese (1997).

Tabelle 4-81

Installierte Leistung in den Bundesländern (10/01)

Bundesland	Anzahl WEA	Installierte Leistung MW	Mittlere Anlagengröße MW
Niedersachsen	2 834	2 181	0,77
Schleswig-Holstein	2 234	1 403	0,63
Nordrhein-Westfalen	1 310	852	0,65
Sachsen-Anhalt	731	700	0,96
Brandenburg	801	666	0,83
Mecklenburg-Vorpommern	750	546	0,73
Sachsen	485	398	0,82
Rheinland-Pfalz	464	350	0,75
Hessen	368	223	0,61
Thüringen	246	203	0,83
Baden-Württemberg	135	97	0,72
Bayern	106	67	0,63
Hamburg	51	29	0,57
Bremen	29	12	0,41
Saarland	19	10	0,53
Summe	10 563	7 737	0,73

Quelle: ISET (2001), IWET (2001)

Arbeit der Technischen Universität Berlin von Volker Quaschning wird ein bis 2050 realisierbares (also technisches abzüglich Restriktionen) Stromerzeugungspotenzial aus Windenergie von ca. 590 PJ/a (incl. Offshore-Nutzung) abgeschätzt (Abbildung 4-51, Abbildung 4-59, Tabelle 4-82).[258]

Tabelle 4-82

Verteilung des Windstromerzeugungspotenzials

Region	Installierbare Leistung (GW)	Strom-erzeugungs-potenzial (PJ/a)
Binnenland	31,8	167
Bergland	5,9	32
Offshore	23,6	283
Küstenland	3,3	31
Küstennahland	12,5	77
Summe	**77,1**	**590**

Quelle: Quaschning (2001)

[258] Quaschning (2001); http://www.volker-quaschning.de .

(1056) Die weitaus größten Potenziale liegen in den Küstenländern Schleswig-Holstein, Niedersachsen und Mecklenburg-Vorpommern.

(1057) In den Gremien der Kommission wurde für die Windenergie von folgenden Potenzialen ausgegangen (Tabelle 4-83).

Kosten und Kostenentwicklung

(1058) Im „Windenergie Report Deutschland 2001“ hat das ISET[259] die Stromgestehungskosten für Anlagen verschiedener Größen in Abhängigkeit der äquivalenten Volllaststunden aufgeschlüsselt. Die hier aufgezeigte Bandbreite reicht von etwa 5,6 ct./kWh, bei einer 1 MW-Anlage und 3 000 Volllaststunden, bis zu ca. 13,8 ct./kWh, bei einer Anlage mit einer Leistung von 150 kW und 1 500 Volllaststunden. Anlagen der 1,5 MW-Leistungsklasse erreichen Stromgestehungskosten von 9,1 ct./kWh bei etwa 2 000 Volllaststunden im Jahr; dies entspricht der Vergütung nach EEG.

(1059) Die von der Enquete-Kommission zugrunde gelegten Referenzwerte legen für die Stromgestehungskosten eine Bandbreite von 4,8–17,9 ct./kWh dar (Tabelle 4-84). Die günstigste Spanne ergibt sich hier für eine 900 kW-Anlage, die mit 4,8–9 ct./kWh stets unter der Höchstvergütung nach EEG bleibt.

[259] ISET (2001).

Abbildung 4-59

Energiepotenzial in der Nordsee

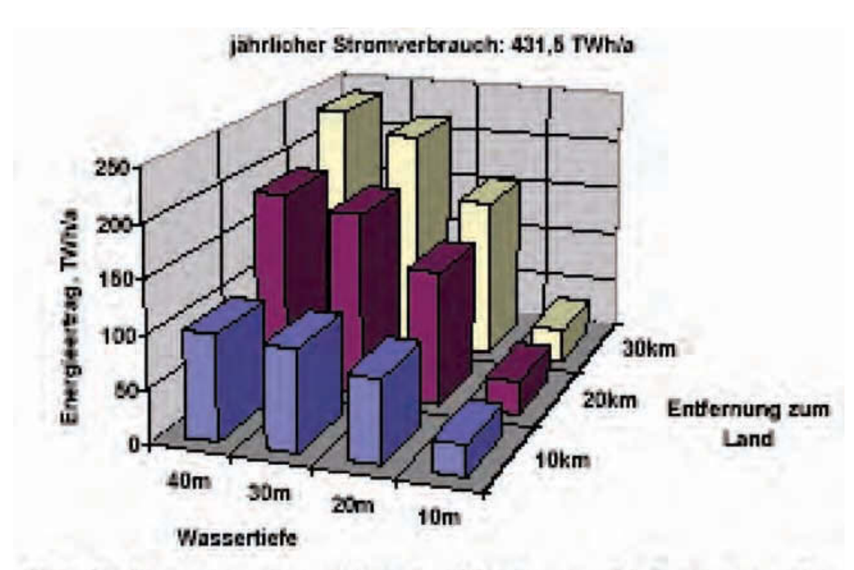


Abb. 2: Energiepotenzial in der Nordsee, abhängig von der Entfernung zur Küste [3]

Quelle: Diagramm aus BMU-Workshop 2001, S.IV-8 Abb. 2

Tabelle 4-83

Das Potenzial der Windenergie in Deutschland

Windenergie	Energieerzeugung PJ/a	Leistung Mw_{el}	
Anlagen an Land	299	50 000	Bandbreite 299–457 PJ/a
ca. von: > 6 m/s	ca. 11		
davon: > 5 m/s und < 6 m/s	ca. 72		
davon: > 4,5 m/s und < 5 m/s	ca. 72		
davon: > 4,0 m/s und > 4,5 m/s	ca. 144		
Offshore-Anlagen	(468)–853	70 000	untere Grenze bis 20 m Wassertiefe und max. 30 km Küstenentfernung, obere Grenze bis 40 m Tiefe, 30 km Entfernung

(1060) Windpark: Verfügbarkeit = 93 %; Investitionskosten stufenweise reduziert bei wachsender Anlagenzahl bis 10 %.[260]

(1061) Bis zum Jahr 2010 wird eine deutliche Reduktion der Stromgestehungskosten erwartet, so dass die Bandbreite zu diesem Zeitpunkt von 3,6–5,8 ct./kWh reicht. Bis 2020 wird nochmals eine Kostenreduktion erfolgen, was zu einer Bandbreite im Bereich von 3–5,1 ct./kWh führt. Diese nochmalige Reduktion ist durch die höhere Verfügbarkeit der zukünftigen Anlagen bei gleichzeitiger Erhöhung der Leistung zu begründen.

(1062) Die European Wind Energy Association erwartet, dass sich die mittleren Stromgestehungskosten im

[260] WI (2001), Enquete (2001a).

Tabelle 4-84

Referenzanlage für Windkraft-Einzelanlagen auf dem Festland

	1999	
	Bandbreite	**Referenz**
Leistung, kW	500–1 500	900
Mittlere Windgeschwindigkeit (10 m Höhe), m/s	4,0–6,5	4,5 5,0 6,0
Nennlaststunden, h/a	1 000–3 250	1 580 1 970 2 700
Anlagenkosten, €/kW	741–946	844
Nebenkosten €/kW	230–307	256
Betrieb, Wartung und Versicherung, Pacht, % Inv./a	3–8	3
Stromgestehung ct./kWh (6 % Zins, 15a Abschreibung)	17,9–5,6	9 6,2 4,8

Vergleich zu heute fast halbieren werden, dieser Effekt wird im wesentlichen durch die Rationalisierungspotenziale in der Fertigung und das Größenwachstum der Anlagen verursacht.[261]

(1063) Im Bereich der Offshore-Anlagen liegt die geschätzte untere Grenze der Stromgestehungskosten zunächst mit 6,5 ct./kWh – trotz der höheren Volllaststundenzahl (2 500 bis 4 000 Std.) – über dem Niveau der an Land installierten Anlagen.[262] Auch die Nebenkosten bedeuten in der Anfangsphase der Offshore-Windparks eine erhebliche finanzielle Mehrbelastung.[263] Nach jüngsten Untersuchungen des DEWI[264] liegen die Nebenkosten von Offshore-Windkraftwerken derzeit in der Größenordnung von 82,7 bis 142,6 % des Investitionsvolumens der Anlage selbst (max. Entfernung von der Küste: 30 km). Die Angaben in der Tabelle 4-85 liegen an der unteren Bandbreite und gehen von einer küstennahen Installation aus, wodurch die Netzanbindungskosten, die von DEWI mit 31,2 bis 67,2 % der Konverterkosten beziffert werden, sich ebenso an der unteren Grenze orientieren.

Tabelle 4-85

Referenzanlage für Offshore-Windkraftanlagen

	1999 Großanlagen
Leistung, kW	1 500–2 500
Mittlere Windgeschwindigkeit (10 m Höhe), m/s	6,0–9,0
Nennlaststunden, h/a	2 500–4 000
Anlagenwirkungsgrad, %	90
Anlagenkosten, €/kW	895–1023
Nebenkosten, €/kW	639–767
Betriebskosten, % Inv./a	5–8
Stromgestehungskosten, ct./kWh (6 % Zins, 15a Abschreibung)	10,3–6,5

(1064) Die niedrigeren Spitzenwerte der Stromgestehungskosten von 10,3 ct./kWh resultieren aus der, im Vergleich zu Landanlagen, hohen Anzahl an Volllaststunden. Es ist nach den Planungen der Projektentwickler allerdings

261 EWEA (2000).

262 Verursacht wird dies durch die höheren Investitionskosten. Aufgrund der notwendigen Adaption der Anlagenkonstruktionen an die höhere Beanspruchung fallen die Investitionskosten noch höher aus.

263 Die Kosten für die Installation der Anlagen werden sich erst mit zunehmender Erfahrung deutlich verringern. Auch die Schaffung der Infrastruktur zur Netzanbindung verursacht erhebliche Kosten. Die Nebenkosten werden aber im Vergleich zu den „Onshore“ Anlagen dauerhaft auf höherem Niveau verbleiben.

264 DEWI (2001).

zu erwarten, dass die in den zukünftigen Offshore-Windparks verwendeten Anlagen bereits im Leistungsbereich zwischen 3 und 5 MW liegen werden (PROKON, Energiekontor, FEAG u. a.)

(1065) Im Offshore-Bereich wird die Serienfertigung von für diesen Einsatzbereich spezialisierten Anlagen zu einer deutlichen Reduzierung der spezifischen Kosten für die Konverter führen; sie werden mit 639 €/kW im Jahr 2010 noch etwa 25 % über den Kosten vergleichbarer Anlagen für den Landbetrieb liegen und sich dann bis zum Jahr 2020 weitestgehend angleichen (Tabelle 4-86). Hier stehen dann 511 €/kW bei den Offshore-Anlagen den 486 €/kW der landgestützten WKA gegenüber.

4.3.6.7 Geothermie

(1066) Die Temperatur der Erde nimmt in den oberen Erdschichten um etwa 3°C pro 100 m Tiefe zu (Geothermischer Tiefengradient). Diese Wärme – sie stammt aus dem radioaktiven Zerfall und dem Wärmestrom aus dem Erdkern – kann zur Bereitstellung thermischer Energie oder zur Stromerzeugung genutzt werden.

(1067) Auch wenn die Geothermie letzten Endes keine wirklich unerschöpfliche Energiequelle ist, wird sie zu den regenerativen Energien gezählt. Dies ist darauf begründet, dass sie nach menschlichen Zeitbegriffen als zeitlich unbegrenzt nutzbar angesehen werden kann.

(1068) An vielen Orten finden sich sogenannte thermische Anomalien, d. h. Gebiete, in denen der thermische Gradient wesentlich größer ist als der bereits genannte „normale“ geothermische Tiefengradient. In solchen tektonisch aktiven, vulkanischen Gebieten – hierzu gehören beispielsweise Island, Italien, Neuseeland oder Indonesien – ist aufgrund der einfachen Erschließbarkeit des oberflächennahen Heißwassers oder Heißdampfes die energetische Nutzung der Erdwärme bereits technologischer Standard.

(1069) Ein Problem bei der direkten thermischen Nutzung geothermaler Ressourcen im Temperaturbereich bis ca. 125°C stellt der gestehungsnahe Verbrauch der gewonnenen Wärme dar. Einen Ausweg aus dieser Ortsabhängigkeit bietet das Hot-Dry-Rock-Verfahren, da die so erschlossenen Ressourcen überall verfügbar sind.

Stand der Nutzung

(1070) In der Zeit von 1970–1980 betrug das weltweite jährliche Wachstum der installierten Leistung etwa 12 %, gefolgt von rund 11 % pro Jahr in den neunziger Jahren. Im Jahr 2000 wurden, bei einer installierten Anlagenleistung von ca. 8 000 MW_{el}, aus geothermaler Energie etwa 174 PJ Strom gewonnen.

(1071) Die Stromgewinnung aus Erdwärme konzentriert sich auf den Norden Amerikas und Asien. Hierauf entfallen 78,5 % der weltweiten geothermischen Stromproduktion. Mit deutlichem Abstand folgen West- und Nordeuropa, Ozeanien und Mittelamerika.

(1072) Im Bereich der direkten Nutzung geothermaler Ressourcen stellen die europäischen Länder einen Anteil von ca. 38 % (5 714,3 MW_{th}) an der weltweit installierten Leistung, gefolgt von Asien (rd. 30 %) und Nordamerika, mit gut 28 %. Die gesamte installierte Leistung betrug im Jahr 2000 weltweit 15 144,8 MW_{th}. Im asiatischen Raum werden ca. 46 % der gesamten geothermischen Nutzwärme – im Jahr 2000 waren das 191 PJ – erwirtschaftet.

Tabelle 4-86

Kostenentwicklung für Offshore-Windkraftanlagen

	2010 Referenz 1	2010 Referenz 2	2020 Referenz
Leistung, kW	20 x 2 500	20 x 3 000	4
Mittlere Windgeschwindigkeit (10 m Höhe), m/s	6,0/7,0/9,0	6,0/7,0/9,0	6,0/7,0/9,0
Nennlaststunden, h/a	2 500/3 100/4 000	2 750/3 280/4 200	2 800/3 300/4 200
Anlagenwirkungsgrad, %	90–93	90–93	90–93
Anlagenkosten, €/kW	639	511	460
Nebenkosten, €/kW	511	409	383
Betriebskosten, % Inv./a	6	6	6
Stromgestehungskosten, ct./kWh (6 % Zins, 15a Abschreibung	7,5/6/4,7	5,5/4,6/3,6	4,9/4,2/3,3

(1073) Bei der geothermal gewonnenen Wärme stellt Raumwärme mit 33 % den größten Anteil, gefolgt von Thermal-/Schwimmbädern, Gewächshäusern und Wärmepumpen für Heiz- und Kühlzwecke (Abbildung 4-60).[265]

(1074) Die geothermale Stromerzeugung hat in der EU bislang keine breite Anwendung gefunden. Lediglich 3 EU-Länder gewannen in 2000 Strom aus geothermischen Wärmequellen. Italien ist in diesem Bereich mit deutlichem Abstand führend innerhalb der EU. Hier waren 785 der insgesamt installierten 805 MW_{el} installiert. In den weiteren Ländern, Portugal und Frankreich, erscheint der Umfang der geothermalen Stromgewinnung vergleichsweise bescheiden.[266]

(1075) Die installierte Leistung im Bereich der direkten Nutzung geothermaler Ressourcen betrug im Jahr 2000 ca. 1 616 MW_{th} (Tabelle 4-87). Davon entfielen ca. 88 % auf nur vier Länder. Deutschland nimmt in der direkten Nutzung mit 397 MW_{th} installierter Leistung die führende Position ein. Allerdings sind die Quellen in Frankreich, Italien und Schweden ergiebiger.

(1076) Auch im Bereich der Erdwärmenutzung mittels Wärmepumpen zeigt sich innerhalb der EU eine sehr inhomogene Verteilung (Tabelle 4-88). Die höchsten installierten Leistungen sind hier in Schweden, Italien, Spanien und Griechenland vorhanden. Die übrigen Länder fallen im Vergleich dazu erheblich ab. Während in Schweden überwiegend Einzelanlagen größerer Leistung (ca. 7 kW)

Tabelle 4-87

Direkte thermische Nutzung geothermaler Energie in der EU, 1999

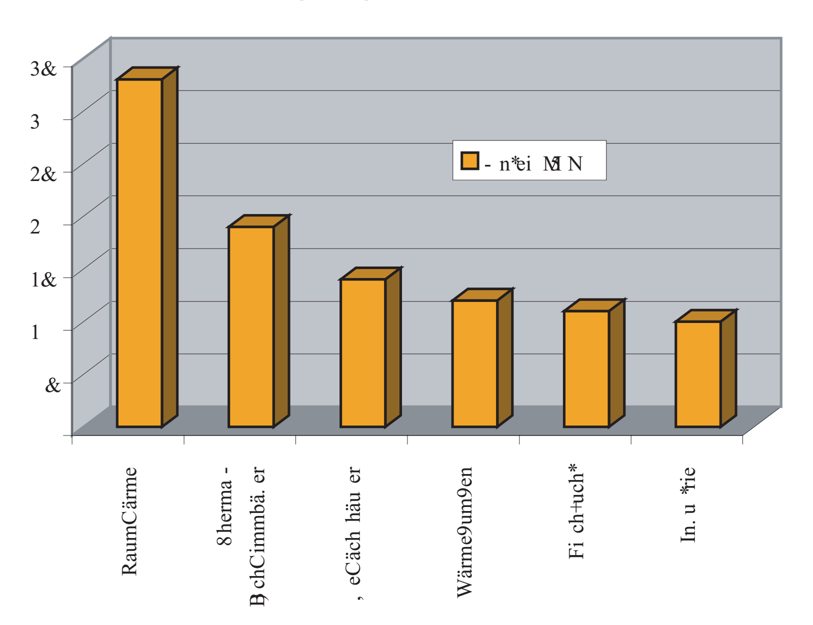
Land	Installiert MW_{th}	Produktion PJ/a
Belgien	3,89	0,107
Dänemark	7,36	0,075
Deutschland	397,00	1,568
Finnland	80,50	0,484
Frankreich	326,00	4,895
GB	2,91	0,021
Griechenland	57,10	0,385
Italien	325,84	3,774
Irland*	0,70	0,003
Niederlande	10,80	0,057
Österreich*	21,10	0,302
Portugal	5,47	0,035
Schweden	377,00	4,128
Summe	**1 615,67**	**15,834**

* Werte für 1997, nach Fridleifsson

Quelle: Lund (2000), Stefanssen, Fridleifsson (1998)

Abbildung 4-60

Verwendung der geothermalen Nutzwärme



Quelle: Fridleifsson (1999, 2001)

[265] Fridleifsson (1999, 2001).

[266] Lund, Freeston (2001), Huttrer (2001).

Verwendung finden, kommen in den südlichen Ländern vornehmlich kleinere Anlagen (ca. 3 kW) zum Einsatz. In Bezug auf die pro Kopf installierte Leistung führt Schweden mit deutlichem Abstand vor allen anderen EU-Ländern; der Installationsumfang liegt hier bei ca. 1 751 W/cap., während der EU-Durchschnitt bei 44 W/cap. liegt.

(1077) Zusammengenommen waren Ende 1999 in der EU etwa 3,7 Mio. Wärmepumpen installiert, die über eine kumulierte Leistung von ca. 13 800 MW verfügten. Die daraus gewonnen Wärmemenge – sie wird mit ca.143 PJ beziffert – kann zu rd. 70 % als regenerativ gewonnene Wärme[267] angesehen werden, sodass ihr Beitrag bei ca. 99 PJ lag. Die durch diesen Beitrag verhinderte CO_2-Emission beträgt etwa 9,3 Mio. t im Jahr 1999.

(1078) Das höchste Marktwachstum fand im Jahr 1999 in Finnland und Frankreich statt; hier wurde ein Wachstum im Bereich zwischen 15 und 40 % erzielt. Eine Reihe anderer Länder der EU konnte ein Wachstum von ca. 10 % verzeichnen.

(1079) In Deutschland findet bisher keine Nutzung geothermaler Ressourcen zur Stromproduktion statt. Erste Pilotprojekte werden gegenwärtig im Oberrheingraben geplant. Auch hier haben die Regelungen des EEG eine wichtige Impulsfunktion gehabt.

(1080) Die installierte Leistung im Bereich der direkten thermischen Nutzung geothermaler Ressourcen belief sich Ende 1999 auf etwa 397 MW, wobei ca. 55 MW Leistung auf 27 größere Anlagen entfielen. Den größten Teil macht die dezentrale Nutzung mittels Wärmepumpen aus; in Verwendung sind hier Anlagen mit Erdwärmetauschern und Systeme, die das Grundwasser als Wärmequelle nutzen. Die aus der Gesamtheit der Anlagen gelieferte Energiemenge belief sich auf etwa 1 568 PJ/a. Nicht die gesamte, von diesen Anlagen gelieferte Energiemenge ist geothermalen Ursprungs. Bei Großanlagen liegt der Anteil an

Tabelle 4-88

Installierte Leistung, Wärmeerzeugung und CO_2-Einsparung der Wärmepumpen in der EU, 1999

Land	Installierte Wärmeleistung	Wärmeerzeugung	Energieeinsparung	CO_2-Einsparung
	1999	1999	1999	1999
	MW	PJ/a	PJ/a	kT/a
Dänemark	450	5,760	3,600	350
Deutschland	385	5,400	3,600	390
Finnland	80	0,720	0,360	60
Frankreich	880	5,580	6,840	328
Griechenland*	2 400	17,280	11,520	960
Großbritannien***	24	0,108	0,072	1
Italien**	3 000	21,600	14,400	1 200
Niederlande	23	0,108	0,072	3
Österreich*	746	8,640	6,480	711
Schweden	2 500	54,000	36,000	4 000
Spanien**	3 300	23,760	15,840	1 320
Summe	**13 788**	**142,956**	**98,784**	**9 323**

* enthält Wassererwärmer,
** meist Luft-Luft-Systeme,
*** hauptsächlich für Trocknung
Quelle: EHA (2001)

[267] Geothermalen Ursprungs bei erdgekoppelten Anlagen bzw. solaren Ursprungs bei Systemen, welche die Wärme der Umgebungsluft nutzen.

Energie geothermischen Ursprungs bei 85 %, bei Wärmepumpen sind es ca. 66 % der nominellen Anlagenleistung.[268]

Potenziale

(1081) Die gesamte gespeicherte Energie in den oberen 3 km der Erdkruste beträgt rund 43*10^9 PJ (Tabelle 4-89).[269] Alleine dieses Potenzial ist, verglichen mit dem Weltenergieverbrauch im Jahr 2000 von 366 445 PJ, riesig.[270]

Tabelle 4-89

Vergleich Potenzial geothermischer Energie weltweit mit dem Weltenergieverbrauch

Geothermische Energie	
weltweit bis 3 000 m	43·10^9 PJ
davon mit T<100° C	36·10^9 PJ
Weltenergieverbrauch (2000)	366,4·10^3 PJ

Quelle: Kaltschmitt (1993)

Von dieser gespeicherten Energie kann allerdings nur ein Teil genutzt werden. Gerade die Energiequellen mit T<100°C können nur dort genutzt werden, wo auch Abnehmer vor Ort zur Verfügung stehen.

(1082) Die überwiegende Anzahl der EU-Mitgliedsländer verfügt über größere Vorkommen an geothermischen Reservoirs niedriger Enthalpie, die direkt thermisch nutzbar sind. Lediglich in Irland, Finnland, Schweden und Luxemburg bestehen keine größeren Ressourcen dieser Art. Aber auch hier ist ein beträchtliches Potenzial für die geothermische Nutzung mit erdgekoppelten Wärmepumpen vorhanden.

(1083) Eine Studie des BMWi ermittelte für die technisch nutzbaren hydrothermischen Energieressourcen – d. h. die Gesamtheit der thermalen Tiefenwässer – in Deutschland ein Potenzial von 162 EJ.[271] Bei einer Nutzung über einen Zeitraum von 100 Jahren ließen sich daraus 1 620 PJ/a erzielen. Die Untersuchungen von Kaltschmitt[272] – 1997 veröffentlicht – nennen hier ein technisches Potenzial von 2 000 PJ/a. Besonders günstige Voraussetzungen für die Nutzung bieten das Norddeutsche Becken, der Oberrheingraben und das Süddeutsche Molassebecken. Die größten technischen Potenziale liegen in der Erschließung mit tiefen Sonden (Tiefe 500–4 000 m) und in der Verwendung des HDR-Verfahrens, mit dem die Wärme des Gesteins in Tiefen von 3 000–7 000 m erschlossen wird (Tabelle 4-90). Die entsprechenden Potenziale liegen bei ca. 3 010 PJ/a für die tiefen Sonden und etwa 10 000 PJ/a für das HDR-Verfahren.[273]

Tabelle 4-90

Potenziale der Geothermie in Deutschland

Art/ Erschließung	theoretisches Potenzial	technisches Potenzial[1]
	(PJ/a)	
untiefe	13 000	940 (120)
hydrothermal	42 000 000	2 000[2] (385)
tiefe Sonden	120 000 000	3 010
HDR-Verfahren	1 200 000 000	10 000

1 Werte in Klammern nach BMWi (1994) bei hydrothermaler Nutzung nur heißes Wasser führender Aquiferen.

2 Nutzungsdauer von 100 Jahren und Tiefe bis 3000.

Quelle: Kaltschmitt, Wiese (1997)

(1084) Auf europäischer Ebene laufen Projekte – beispielsweise in Soultz-sous-Forêts/Kutzenhausen –, die auf eine geothermische Stromproduktion, unter Verwendung des Hot-Dry-Rock-Verfahrens, abzielen. Tests zeigten, das dort bis zu 11 MW_{th} extrahiert werden können. Mit dieser thermischen Leistung könnte schon jetzt eine ORC (Organic-Rankine-Cycle) Anlage mit 1 MW_{el} betrieben werden.[274]

Kosten und Kostenentwicklung

(1085) Die Stromgestehungskosten für geothermische Kraftwerke liegt in einer Spanne von 1,75–5,8 ct./kWh.[275] Modellrechnungen für das HDR-Verfahren, basierend auf Erfahrungen aus dem HDR-Projekt in Soultz-sous-Forêt, ergaben Kosten in einem Bereich von 7,7 bis 10,2 ct. (Tabelle 4-91).[276]

(1086) Die Gremien der Kommission ermittelten die zu erwartenden Kostenreduktionen für verschiedenen Nutzungsarten der Erdwärme. Der größte Kostenrückgang wird hier im Bereich der gewerblich genutzten untiefen (oberflächennahen) Geothermie gesehen (Tabellen 4-92 und 4-93). Bis zum Jahr 2020 wird in diesem Bereich mit einer Verringerung der Wärmekosten um knapp 31 % gerechnet.

---

268 Schellschmidt u. a. (2000), VDEW (1996).

269 Kaltschmitt, Wiese (1997).

270 BP (2001).

271 BMWi (1994).

272 Kaltschmitt, Wiese (1997).

273 Kaltschmitt, Wiese (1997).

274 Jung u. a. (1998).

275 Wright (2000), Jung u. a. (1998).

276 Jung u. a. (1998), Tenzer (1998).

Tabelle 4-91

Hot-Dry-Rock-Referenzanlagen für eine Lagerstättentemperatur von 200 °C und einer Bohrtiefe von 5 000 m, (Zins 6 %, Abschreibung 30a)

Referenzjahr		2005	2010	2020
Typische Leistung	MW_{el}	5 (Prototyp)	10	50
Volllaststunden	h/a	5 500	7 000	7 500
Investitionen	€/kW	4 346	3 528	2 301
Betriebs kosten	% der Inv./a	5,5	4,5	4,0
Stromkosten	€/kWh	0,100	0,059	0,033

Quelle: Tenzer (1999), Schätzungen für die 10-MW-Anlage nach UNSW (2000) und WI (2001)

Tabelle 4-92

Untiefe Geothermie – Einfamilienhaus

Referenzjahr		2005	2010	2020
Typische Leistung	kWth	8	7	6
Vollaststunden	h/a	2 000	2 000	2 000
Investitionen	€/kW	2 045	1 636	1 227
Betriebskosten	% der Inv./a	3	3	3
Wärmekosten	€/kWh	0,092	0,082	0,072

Tabelle 4-93

Untiefe Geothermie – gewerblich

Referenzjahr		2005	2010	2020
Typische Leistung	kWth	100	100	100
Vollaststunden	h/a	3 000 davon 1 000 Kühlung	3 000	3 000
Investitionen	€/kW	2 250	1 789	1 432
Betriebskosten	% der Inv./a	3	3	3
Wärmekosten	€/kWh	0,066	0,056	0,046

(1087) Die mögliche Kostenreduktion in Bereich der tiefen Erdwärme wird als wesentlich geringer erachtet. Für die Nutzung mittels tiefer Erdwärmesonden wird mit einem Rückgang der Wärmekosten um ca. 11 % bis zum Jahr 2020 gerechnet (Tabelle 4-94). Bei der hydrothermalen Dublette liegt die mögliche Kostenreduktion bei ca. 14 % (Tabelle 4-95).

Tabelle 4-94

Tiefe Erdwärmesonden

Referenzjahr		2005	2010	2020
Typische Leistung	kWth	400 zusätzlich Stromerzeugung möglich (50 kW)	500	500
Vollaststunden	h/a	2 000	2 100	2 200
Investitionen	€/kW	5 113	4 602	4 090
		ohne Wärmeverteilung	0	0
Betriebskosten	% der Inv./a	8	8	8
Wärmekosten	€/kWh	0,092	0,087	0,082

Tabelle 4-95

Hydrothermale Dublette

Referenzjahr		2005	2010	2020
Typische Leistung	MWth	10 zusätzlich Stromerzeugung möglich (1 MW)	10	10
Vollaststunden	h/a	3 500	3 500	3 500
Investitionen	€/kW	332	332	332
		ohne Wärmeverteilung und Spitzenlast	0	0
Betriebskosten	% der Inv./a	6	6	6
Wärmekosten	€/kWh	0,007	0,007	0,006

4.3.6.8 Überblick über weitere erneuerbare Energien

(1088) Es gibt eine Reihe weiterer Energieformen in der Natur, die nach menschlichem Ermessen als „erneuerbar“ gelten können, wobei es für die technischen und ökonomischen Randbedingungen nur erste Anhaltswerte gibt; die ökologischen Auswirkungen einer umfangreichen Nutzung sind aber bisher nicht bekannt. Die technische Nutzung ist bisher nur in Pilotprojekten oder in Studien untersucht worden. Über ihre Potenziale gibt es keine Abschätzungen. Die Kommission empfiehlt, diese Optionen gründlicher als bisher auf ihre Realisierbarkeit (z. T. explizit in internationaler Zusammenarbeit) zu untersuchen. In den Technologien, für die es in Deutschland kein Potenzial gibt, ist der Frage nachzugehen, inwieweit sich die deutsche Industrie in internationaler Kooperation sinnvoll an entsprechenden Projekten beteiligen kann.

(1089) Als Energieformen stehen bereit:

– Wellenenergie: kein Potenzial in Deutschland; in Ländern mit Küstenlinien zu den offenen Weltmeeren besteht erhebliches Potenzial; so werden in Schottland erste Pilotprojekte realisiert.

– Gezeitenenergie: in Deutschland kein signifikantes Potenzial; einziges Gezeitenkraftwerk in Frankreich seit vielen Jahren (1966 errichtet) ohne Probleme in Betrieb (technische Daten: 24 Röhrenturbinen á 10 MW_{el}, ca. 2 200 Betriebsstunden pro Jahr, genutzter Tidenhub 12 bis 18 m).

– Unterseeische Strömungsenergie/Gradientenkraftwerk: Bisher liegen nur Pilotstudien vor, Potenzial nicht bekannt.

– Eine besondere technische Nutzungsform, die eine Mixtur aus Nutzung der Solarstrahlung in Kombination mit einer „Windkraftanlage“ darstellt, ist das „Aufwindkraftwerk“. In der Mitte eines überdachten Feldes befindet sich ein Turm mit einer Höhe von mehr als 100 Metern (in der Planung bis zu 1 000 Meter), durch den die unter der Überdachung erhitzte Luft infolge des Kamineffekts auf erhebliche Geschwindigkeit beschleunigt wird und damit einen Rotor antreibt. In einem angekoppelten Generator wird dann elektrische Energie erzeugt.

  Nach Fehlschlägen vor vielen Jahren gibt es nun Pläne für ein erstes Pilotprojekt in Australien, Ägypten, Syrien, Namibia und den Vereinigten Arabischen Emiraten.

– Thermovoltaik: die Umwandlung von Wärme in elektrische Energie mit Hilfe eines Halbleiterbauelements. Der physikalische Prozess ist seit langem bekannt, ob eine wirtschaftlich sinnvolle Entwicklung möglich ist, ist derzeit offen.

Sondervoten zu Kapitel 4.3.6

Minderheitsvotum des Kommissionsmitglieds der Fraktion der PDS einschließlich des von ihr benannten Sachverständigen Prof. Dr. Jürgen Rochlitz

Aus Sicht der PDS ist aus Gründen der Nachhaltigkeit der Aufbau einer vollständig solaren Energieversorgung notwendig, d. h. das bestehende fossil-atomare Energiesystem[277] muss überwunden und durch eine dezentrales, vollständig solares Energiesystem ersetzt werden. Der Aufbau eines solchen dezentralen Energiesystems auf der Basis erneuerbarer Energien ist der Kern einer nachhaltigen Energiepolitik für das 21. Jahrhundert, die ökologische und soziale Gerechtigkeit miteinander verbindet.

Überlegenheit erneuerbarer Energien

Gegenüber fossilen und atomaren Energien bietet die Nutzung erneuerbarer Energien erhebliche soziale, ökologische und ökonomische Vorteile. Dazu gehört, dass die Umwandlung erneuerbarer Energien – mit Ausnahme der Verbrennung von Biomasse und Biogas – emissionsfrei erfolgt. Sie leisten damit einen wichtigen Beitrag für eine Energieversorgung, die das Klima nicht weiter aufheizt und die Gesundheit von Menschen nicht mit Luftschadstoffen belastet. Da die Anlieferung des Brennstoffs entfällt (mit Ausnahme der Biomasse und von Biogas) ist die Anwendung erneuerbarer Energien mit einem erheblich geringeren Transportaufwand und damit auch mit erheblich geringeren Infrastrukturkosten verbunden. Sie bieten einen nachhaltigen Ausweg aus drohenden und aktuellen Ressourcenkrisen, weil auf die endlichen fossilen Bestände kein Rückgriff genommen werden muss. Nach menschlichen Maßstäben ist die Energieversorgung mit erneuerbaren Energien auf unbegrenzte Zeit gesichert, weil die Sonne voraussichtlich noch 4,5 Milliarden Jahre scheinen wird und in dieser Zeit mit ihrer Strahlung 15 000-mal mehr Energie liefert als die Weltbevölkerung derzeit kommerziell nutzt.

Zusätzlich sind regenerative Energien nicht auf den Aufbau umfangreicher und teurer Infrastruktur angewiesen, weil die Energie am Ort des Bedarfs „geerntet“ werden kann. Dies ist insbesondere ein großer Vorteil für ländliche und bisher kaum erschlossener Gebiete. Der ländlichen Bevölkerung bieten sich auf der Grundlage erneuerbarer Energien neue Möglichkeiten zur Erzielung eines dauerhaften Einkommens durch die Produktion von Biomasse, der Erzeugung von Biogas und – als sinnvolle Er-

[277] Jean-Claude Debeir, Jean-Paul Deléage und Daniel Hémery liefern eine Definition von Energiesystemen, welche über die Grenzen der üblichen Definitionen hinausweist und ihre Einbettung in gesellschaftliche Herrschaftsverhältnisse andeutet. Danach umfasst ein Energiesystem „...zum einen die ökologischen und technischen Gegebenheiten (Entwicklung der Energiequellen, der Umwandler und ihrer Wirkungsgrade) und zum anderen die Strukturen der Aneignung und Bewirtschaftung dieser Quellen und Umwandler durch die Gesellschaft...“ (Debeir, Jean-Claude/Deléage, Jean-Paul und Hémery, Daniel 1989: Prometheus auf der Titanic. Geschichte der Energiesysteme. Frankfurt/Main und New York: Campus, S. 27).

gänzung im Stoffbereich – dem Anbau nachwachsender Rohstoffe.[278]

Ziel Solare Vollversorgung

Im Jahr 1997 betrugen in Deutschland die Anteile erneuerbarer Energien 4,7 Prozent an der Nettostromerzeugung und 2 Prozent am Primärenenergieverbrauch.[279, 280] Diese Anteile an der Energieversorgung sollten dem Weißbuch der EU entsprechend bis zum Jahr 2010 verdoppelt werden. In der anschließenden Dekade bis 2020 wäre dann eine weitere Verdopplung dieses Anteils möglich. Wird dieser Weg konsequent beschritten, so kann bis zum Jahr 2050 die Stromproduktion vollständig auf der Basis erneuerbarer Energien erfolgen und der Primärenergieverbrauch überwiegend auf regenerative Energieträger umgestellt werden.[281]

Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)

Weltweit hat sich die Förderung erneuerbarer Energien mit einer garantierten Einspeisevergütung als wirksamstes Modell zum Ausbau des Anteils erneuerbarer Energien an der Stromversorgung erwiesen. Das auf diesem Modell basierende Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) sollte aus unserer Sicht weiter ausgebaut werden, damit alle regenerativen Energiequellen eine kostendeckende Vergütung erhalten. Dies ist insbesondere im Bereich der Fotovoltaik (FV) bisher nicht der Fall. Zur Verhinderung einer zukünftigen Blockade in diesem Bereich halten wir die ersatzlose Streichung der Mengenbegrenzung des nach EEG vergüteten Stroms aus FV in § 8 EEG für notwendig.

Abbau von Hemmnissen

In breiten Bevölkerungskreisen gibt es eine große Sympathie für Solarenergie, gleichzeitig ist das Wissen über die Realisierungsmöglichkeiten sehr begrenzt. Dieser Mangel an Informationen bei potenziellen Nutzern gehört zu den entscheidenden Restriktionen für den Einsatz erneuerbarer Energien. Daher ist eine Solaroffensive notwendig, die der Bevölkerung die Bedeutung und die Umsetzungsmöglichkeiten regenerativer Energien verdeutlicht und die Energie- und Fördermittelberatung intensiviert. Der Abschluss von Einspeiseverträgen muss erleichtert, Rechtssicherheit der Einspeiser gegenüber dem vorgelagerten Versorgungsunternehmen geschaffen und entsprechende Qualifizierungen im Handwerk unterstützt werden.

Wärmebereich

Alle Gebäude sollten in Zukunft als Nullemissions-, Passiv-, Niedrigenergie- und Solar-Häuser gebaut oder entsprechend umgestaltet werden. Die folgenden Prinzipien müssen dafür zur Anwendung kommen:

– Nutzung des Sonnenlichtpotenzials, schon in den Bebauungsplänen verankern,
– Ausrichtung von Gebäudeflächen in Richtung der Sonne optimieren, Beschattungen vermeiden, die besonnten Seiten des Gebäudes durch Glasflächen öffnen und die anderen Seiten dämmen sowie Gebäudeteile für Solarkollektoren und Fotovoltaik einplanen (Solararchitektur),
– Nutzung der Windverhältnisse zur natürlichen Ventilation,
– Auswahl von Baumaterialen nach Kühl- bzw. Wärmedämmqualität und nach ihrem eigenen Energiebedarf unter besonderer Berücksichtigung der traditionellen, regionalen Baustoffe.

Es ist die Aufgabe des Gesetzgebers, entsprechende Standards zu setzen. Die Einhaltung der Standards durch Architekten und Bauhandwerk muss im Interesse der Bauherren verbessert werden. Schließlich hat sich bei der Arbeit der Enquete-Kommission herausgestellt, dass beispielsweise die Standards der Wärmeschutz- und Heizungsanlagenverordnung in einer Vielzahl von Fällen nicht eingehalten werden, da der Vollzug unvollkommen ist und Kontrollen überhaupt nicht stattfinden. Dasselbe ist nun bei der Energieeinsparverordnung zu befürchten. Daher sind stärkere Kontrollen notwendig, um die Einhaltung der gesetzlichen Vorschriften in diesem Bereich sicherzustellen. Weiter muss die Qualifizierung von Architekten, Bauingenieuren und des Bauhandwerks in architektonischen Energiesparpotenzialen verbessert werden.

Wir halten die Einführung von Mindeststandards für die Nutzung erneuerbarer Energien in Neubauten und bei der energetischen Sanierung von Altbauten für sinnvoll.

Mögliche Konflikte zwischen Naturschutz und Ausbau Windenergie

Da viele windgünstige Standorte an Land bereits ausgeschöpft sind, gibt es Planungen für den Bau von Windkraftanlagen offshore, d. h. in den küstennahen Gewässern von Nord- und Ostsee. Da international bisher nur wenige Erfahrungen mit solchen Anlagen vorliegen, gibt es viele Befürchtungen hinsichtlich verschiedener Aspekte des Arten- und Naturschutzes. Wir halten weitere Untersuchungen deshalb für notwendig.

---

[278] Scheer, Hermann 1999: Solare Weltwirtschaft. Strategie für die ökologische Moderne. München: Antje Kunstmann Verlag.

[279] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.) 1999: Klimaschutz durch Nutzung erneuerbarer Energien. Bonn u. a. Arbeitsgemeinschaft DLR/WI/ZSW/IWR/Forum. Kurzfassung.

[280] Regional sind die Anteile erneuerbarer Energien an der Energieversorgung teilweise höher. In Mecklenburg-Vorpommern ist es durch eine Vielzahl erfolgreicher Initiativen in diesem Bereich (u.a. Netzwerk Klimaschutz, Aktionsplan Klimaschutz und Erhöhung der Mittel für den Klimaschutz) gelungen, den Anteil erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung zwischen 1997 und 2001 von 5,9 auf 23 Prozent zu steigern (Umweltministerium Mecklenburg-Vorpommern 13. Juni 2002: Minister Methling: Regenerative Energien in M-V im Aufwärtstrend. Siehe auch Umweltministerium Mecklenburg-Vorpommern 1999: Mit neuen Energien in das dritte Jahrtausend. Schwerin).

[281] Lehmann, Harry 2001: Eine solare Energieversorgung für Europa. Aachen. Manuskript. The LTI-Research Group (Ed.) 1998: Long-Term Integration of Renewable Energy Sources into the European Energy System. Heidelberg und New York: Physica-Verlag. Scheer, Hermann 2002: Bis 2050 wird die solare Vollversorgung möglich. Der unaufhaltsame Durchmarsch der Erneuerbaren Energien. In: BUND/Misereor: Wegweiser für ein zukunftsfähiges Deutschland. i. Ersch.

Die Förderung der verschiedenen Formen erneuerbarer Energien sollte möglichst breit erfolgen, die betroffene Bevölkerung muss bei Planungsprozessen möglichst frühzeitig und umfassend beteiligt werden. Der Ausbau der Windkraft offshore muss wissenschaftlich begleitet werden, um mögliche Konflikte mit dem Naturschutz möglichst frühzeitig genau zu erkennen. Ein Ausbau der Windkraft ohne Rücksicht auf den Arten- und Naturschutz würde die Akzeptanz von Windkraftanlagen erheblich schwächen und ist abzulehnen.[282]

Erneuerbare Energien in Entwicklungsländern

Zwei Milliarden Menschen – ein Drittel der Menschheit – haben keinen Zugang zur Stromversorgung und weit über eine Milliarde Menschen decken ihren täglichen Energiebedarf mit dem Energieträger Holz, was regionale Energiekrisen bei abnehmenden Baumbeständen, Bodenerosion und Ausbreitung von Wüsten zur Folge hat. Diesen Menschen einen entsprechenden kostengünstigen und sicheren Zugang zu Energie zu verschaffen, stellt einen Beitrag zur Überwindung von Armut und zur Herstellung sozialer Gerechtigkeit dar. Erneuerbare Energien eignen sich in besonderer Weise für eine solche Energieversorgung in Entwicklungsländern.

In Entwicklungsländern wird Holz hauptsächlich zum Kochen benötigt. Solarkocher bieten die Möglichkeit, die Sonne als kostenlose Energiequelle anzuzapfen und mit Wärmespeicher auch am Abend zu kochen. Daher ist es notwendig, das entsprechende Wissen über den Bau und den Betrieb von Solarkochern in Entwicklungsländern anzubieten und zu verbreiten.

Der besondere Vorteil des Einsatzes erneuerbarer Energien zur Erzeugung von Strom ist die Tatsache, dass ein Anschluss an ein Netz nicht notwendig ist und daher ein wesentlicher Kostenfaktor entfallen kann. Schließlich stellen Überlandleitungen und Verteilernetze den größten Kostenfaktor eines zentralisierten Strombereitstellungssystems dar. Mit regenerativen Energien können die in ländlichen Gegenden lebenden Menschen, welche beispielsweise in China, Indien, Asien und im subsaharischen Afrika einen Anteil von über 70 % an der Gesamtbevölkerung ausmachen, kostengünstiger und schneller mit Energie versorgt werden. Auf der Grundlage erneuerbarer Energien können Strom und Treibstoffe für landwirtschaftliche, handwerkliche und kleinindustrielle Entwicklung kostengünstig produziert werden. Entwicklungsprozesse können so wesentlich beschleunigt werden und ein wesentlicher Grund für die Abwanderung in Städte wird damit beseitigt. Statt die Menschen mit dem fossilen Energiesystem in die Städte zu ziehen, können die erneuerbaren Energiesysteme dort wirken, wo die Menschen leben.

Mit erneuerbaren Energien kann die Abhängigkeit von den Industrieländern verringert werden. Bisher befindet sich die Mehrzahl der Entwicklungsländer auf dem Energiesektor in einer doppelten Abhängigkeit. Sie müssen sowohl die Energietechnik als auch die Primärenergie importieren und dafür Devisen aufwenden. Bei der Anwendung erneuerbarer Energien würde der Import von Primärenergie entfallen. Zusätzlich sollte das Ziel von Technologie- und Know-How-Transfer der Aufbau von Produktionskapazitäten für angepasste Technologien in den Entwicklungsländern sein. Dies würde auch dazu führen, dass die Kosten für diese Technologien wegen des geringeren Einkommensniveaus sinken. Als erfolgreiches Beispiel kann der erste Produktionsort für Solarmodule in Mittelamerika dienen. Diese werden im Combinado de Componentes Electronicos Ernesto Che Guevara in Pinar del Rio auf Kuba seit Dezember 2000 hergestellt. Die Produktion soll eine Kapazität von jährlich 2 MW erreichen.[283] Der Hauptteil der Produktion wird in Industrieländer exportiert.

Eine wichtige Finanzorganisation im Verhältnis zwischen Industrie- und Entwicklungsländern ist die Weltbank. In ihrer Förderpolitik werden erneuerbare und dezentrale Energien weitgehend vernachlässigt und sie dient den Interessen der Industrieländer, vor allem deren Kraftwerks-, Motoren- und Elektrizitätsindustrie sowie Ressourcenkonzernen. Mit vielfach höheren Summen werden Investitionen in Erdöl- und Erdgasfelder, Kohlebergbau und fossile Kraftwerke, sowie im Bereich der Erneuerbaren in große Staudämme mit ihren Turbinenwerken gefördert. „90 % der Projekte gehen an Energiekonzerne der sieben großen Industrienationen. Nur 5 % des Energiebudgets gehen in die ländlichen Räume der Entwicklungsländer und nur 3 % fließen in Projekte Erneuerbarer Energien“.[284] Hier ist also schnellstens ein entsprechendes Umsteuern in der Förderpolitik erforderlich.

Auch die Energiepolitik der Entwicklungsländer bedarf einer Neuorientierung. So sollten alle Subventionen für fossile Energieträger abgebaut werden. Dort ist es aber besonders wichtig gleichzeitig für ausreichenden und kostengünstigen Ersatz in Form erneuerbarer Energieträger zu sorgen. Auch die Entwicklungsländer sollten sich verpflichten, den Anteil erneuerbarer Energien an der Energieversorgung zu steigern, ärmeren Bevölkerungsschichten den kostengünstigen Zugang zu modernen Energieformen zu schaffen und zu steigern sowie die Energieversorgung im ländlichen Raum zu verbessern.

Sondervotum des Sachverständigen Prof. Dr. Jürgen Rochlitz

Zum Konflikt Artenschutz versus Windkraftnutzung

Bei der Nutzung der Windenergie nimmt Deutschland mit jetzt mehr als 9 000 MW installierter Leistung[285] eine

[282] Vgl. hierzu: Kongress „Offshore-Windenergienutzung und Umweltschutz – Integration von Klimaschutz, Naturschutz, Meeresschutz und zukunftsfähiger Energieversorgung 2001.

[283] Ristau, Oliver 2002: „Viva el sol“. Der Karibikstaat Kuba produziert die ersten Solarmodule Mittelamerikas. In: Neue Energie 4/2002, S. 40–42.

[284] Scheer, Hermann 2001: Entwicklungskrise als atomar-fossile Energiekrise. http://www.eurosolar.org/publikationen/publikin1.html. 15. Mai 2002.

[285] Geschätzt nach: Umwelt 10/2001, S. 672

weltweite Spitzenstellung ein – danach folgen Spanien mit ca. 2 700 und die USA mit ca. 2 500 MW. Dies ist Folge der besonderen Förderung der Windenergie, die sie seit geraumer Zeit genießt.

Da die Windenergie im Winter ihre Maxima an Stromeinspeisung liefert, im Gegensatz zur photovoltaisch genutzten Sonnenenergie, deren Maxima im Sommer liegen, ergänzen sich die beiden regenerativen Energiequellen im Prinzip vorzüglich. Allerdings wurde die Nutzung der Solarenergie jahrelang nicht ausreichend gefördert; auch jetzt wird die Photovoltaische Nutzung benachteiligt, da keine kostendeckende Vergütung des eingespeisten Stroms erfolgt.

Wird die Installation von Solarzellen auf die zur Verfügung stehenden geeigneten Dach- und Fassadenflächen beschränkt, dann könnten in Deutschland ca. 38 % der Stromerzeugung durch den Photovolta-Effekt gedeckt werden. Weitere Flächen stehen problemlos zur Verfügung, ohne dass zusätzliche Versiegelungen in Kauf genommen werden müssten. Mit 751 PJ/Jahr übertrifft das Optimum der photovoltaischen Stromerzeugung dasjenige durch Windkraft (ca. 590 PJ/a incl. Offshore-Anlagen). Daher sollten sich die Entwicklungsanstrengungen vor allem auf neue, preisgünstigere Solarzellen-Materialien richten.

Denn Mittel und Maßnahmen zur möglichen solaren Vollversorgung sollten allen voran photovoltaische Systeme betreffen, sowie die ebenfalls noch weiter zu entwickelnden Biogas-Systeme und – last not least – die Solararchitektur. Um gerade die letztere stärker voran zu bringen, muss die leider nicht verwirklichte Idee der „solaren Hauptstadt“ Berlin in die Tat umgesetzt werden, ehe die letzten Regierungs- und Parlamentsbauten gänzlich fertiggestellt sind. Denn in Berlin wurde leider bei vielen Regierungsbauten, einschließlich der Reichstagskuppel viel solartechnisches Potenzial verschenkt, indem die ursprünglichen architektonischen Pläne mit vielen Solarzellen nicht ausgeführt wurden. Künftig müssen Gebäude in Berlin – und selbstverständlich nicht nur dort – zu sichtbaren, von allen erlebbaren Zeichen einer solaren Energiewende werden. Damit können Berlin und andere Städte zu architektonischen und stadtplanerischen Plädoyers für die solare Vollversorgung werden. Der kommunalen Phantasie sollten hierbei keine Grenzen gesetzt werden.

Ganz anders beim weiteren Ausbau der Windenergienutzung, die ja – wie oben dargelegt – einen beachtlichen Ausbaustand besitzt. Nicht nur offshore (wie in meinem Sondervotum zu Kap. 5 ausgeführt) sondern auch an Land können geeignete Lagen in der Nähe oder gar mitten in Vogelschutz- oder Vogelzuggebieten liegen. Dann muss befürchtet werden, dass Zugvögel von ihren Rastplätzen bzw. Flugrouten vertrieben werden und Brutvogelarten ihre bisherigen Nistplätze verlieren, was bei einzelnen besonders gefährdeten Arten schon nachgewiesen werden konnte (2). Deshalb müssen naturschutzfachliche Untersuchungen von unabhängigen Institutionen – vor wie auch nach dem Bau von Windkraftanlagen – zum Vergrämungsverhalten durchgeführt werden. Diese könnten dann auch Basis sein für die noch fehlenden bundeseinheitliche Kriterien für eine fachlich angemessene Beurteilung und Ausweisung von Standorten für die Windkraftnutzung.

So fehlen bisher grundlegende Erkenntnisse der Vogelverteilung und der Vogelzugrouten über der offenen See sowie Kenntnisse über die Reaktion der Vögel auf die Anlagen. Ein Mindeststandard in allen geplanten Windparks sollte eingehalten werden, sodass vor dem Bau der Anlagen und drei bis fünf Jahre nach Errichten des Windparks, sowohl im Eingriffgebiet als auch in einem Referenzgebiet Begleituntersuchungen durchgeführt werden müssen. Ein Ausbau der Windkraft ohne Rücksicht auf den Arten- und Naturschutz darf nicht sein, da andernfalls Arten unwiederbringlich verloren gehen und die Biodiversität erheblich geschädigt würde. Hierzu seien die Ausführungen von M. Schreiber zitiert:[286]

„Naturschutzrechtlich kommt der Beachtung der Rastvogelproblematik dort eine besondere Bedeutung zu, wo das Rastvogelvorkommen als Schutzgut für faktische oder gemeldete Schutzgebiete nach der EU-Vogelschutzrichtlinie[287] betroffen sind. Angesichts der erheblichen Beeinträchtigungen, die von Windkraftanlagen auf Rastvögel ausgehen, ist an solchen Stellen die Errichtung von Windparks ausgeschlossen, da die Schwere des Eingriffs in den Naturhaushalt nicht wie bei der Eingriffsregelung durch andere Belange relativiert werden kann.“ Tatsächlich wurden an der ostfriesischen Küste Windparks in ein EU-Vogelschutzgebiet gebaut mit erheblichen Beeinträchtigungen der Populationen von Rastvögeln.

Für den Aufbau einer nachhaltigen Energieversorgung sind künftig solche Fehlentwicklungen zu vermeiden; zur besseren Integration von Arten-, Natur- und Klimaschutz und einer nachhaltigen Energieversorgung wird der weitere Ausbau der Windenergie anzupassen sein an den notwendigen Prozess eingehender faunistischer Untersuchungen an geplanten Standorten – on- wie auch offshore. Schließlich geht es bei dem hier eingeforderten Natur- und Artenschutz an Land lediglich um eine Fläche in der Größenordnung von 10 % der Gesamtfläche; das Potenzial der Windkraft dürfte davon kaum betroffen sein.

4.3.7 Ausgewählte Möglichkeiten der Steuerungs- und Regelungstechnik als Bausteine einer nachhaltigen Energiewirtschaft

(1090) Ziel ist es aufzuzeigen, inwieweit ausgewählte Technologien – und deren Systemintegration – Ansatzpunkte für eine nachhaltige Energiewirtschaft liefern können. Im Bereich der Steuerungs- und Regelungstechnik ergeben sich durch Innovationen Möglichkeiten, neue Systemverbunde herzustellen, die hohe Effizienzpotenziale aufweisen und den Einsatz erneuerbarer Energien verstärken werden. Dieses trifft insbesondere auf die Bereiche „Gebäudeintelligenz“ und „Virtuelle Kraftwerke“ zu, die nachfolgend beschrieben werden.

---

[286] Fachtagung „Windenergie und Vögel – Ausmaß und Bewältigung eines Konflikts, TU Berlin, Nov. 2001.

[287] Richtlinie des Rates vom 2. April über die Erhaltung der wildlebenden Vogelarten, 79/409/EWG).

(1091) Grundsätzlich geht es in diesem Kapitel darum, die Energieeffizienzpotenziale darzustellen, nicht um zusätzliche IuK-Dienstleistungen, die sich jedoch zwangsläufig entwickeln werden.

4.3.7.1 Gebäudeintelligenz/Intelligentes Haus

(1092) Im Bereich der Bürogebäude und Zweckbauten ist die Gebäudeintelligenz bereits mehr oder weniger Standard. Dies gilt nicht für Wohngebäude/-häuser; hier steht die Systemintegration erst am Anfang. Energieeffizienzpotenziale im Wohnhausbereich zu lokalisieren wurde bisher schwerpunktmäßig unter architektonischen und bauphysikalischen Fragestellungen betrachtet. Das Forschungsfeld intelligente Haus-, Regelungs-, Gebäudeleit- und Fernwirktechnik bietet zusätzliche nachhaltige Energieeinsparmöglichkeiten, deren Potenzial nicht zu vernachlässigen ist. Die nachfolgende Betrachtung soll sich auf dieses Feld konzentrieren.

4.3.7.1.1 Begriffsdefinition

(1093) Eine allgemeine Definition des Begriffs ***Intelligentes Haus*** existiert nicht – dementsprechend vielfältig sind die Vorstellungen und Ansätze in diesem Umfeld. Smart Home, Intelligent Building etc. sind unterschiedliche Bezeichnungen, die letztendlich das Gleiche meinen. Allen ist gemeinsam, dass im Intelligenten Haus der verstärkte Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien das Ziel verfolgt, eine möglichst weitgehende Vernetzung hausinterner (Insel-)Technologien und technischer Netze sowie die Anbindung an externe Netze (Telefon, DSL, Powerline etc.) und Dienstleister zu erreichen. Hierbei soll die technologieübergreifende und -unabhängige Vernetzung der unterschiedlichen Teilsysteme zu einem dem Nutzer systemunabhängig erscheinenden einheitlichen integrierten Gesamtsystem führen (vgl. Abbildung 4-61).

4.3.7.1.2 Techniken

(1094) Zahlreiche Systeme wurden bereits für die Gebäudetechnik entwickelt, die sich aufgrund ihrer unterschiedlichen Strukturen auch qualitativ voneinander abgrenzen. Es gibt firmenspezifische Ansätze als Insellösungen (geschlossene Systeme). Die Gebäudesystemtechnik zielt speziell aber auf offene Systeme, d. h. das System ist nicht an einen Hersteller gebunden. Stattdessen können beliebige Hersteller dem System beitreten und Komponenten anbieten. Weltweit gibt es eine Reihe dieser offenen Systeme.

(1095) Nachfolgende Automations- und Bussysteme stellen eine Auswahl dar, die eine größere Verbreitung und Bedeutung erlangt haben:[288]

- X-10: vor allem in den USA verbreitet,
- EIB (European Operating Network) mit Bedieneroberfläche HES (home electronic system): Nr. 1 in Europa,
- LON (Local Operating Network): weltweit verbreitet,
- Batibus: in Frankreich verbreitet,
- Ethernet, TCP/IP: starke Verbreitung in Informatik,
- I-Link (fire wire, IEEE 1394): Multimedia-Bussysteme,
- Bluetooth: Im Aufbau begriffene, aber breit abgestützte Kurzdistanz-Funktechnologie,
- weitere.

(1096) Die Basis für ein intelligentes Gebäude/Wohnhaus bildet grundsätzlich eine Kommunikationsinfrastruktur (Feldbus), über die Geräte miteinander kommunizieren und gesteuert werden. Als die beiden Standard-Lösungen im Gebäudeautomationsbereich kristallisieren sich der Europäische Installations-Bus (EIB) sowie das „Local Operating Network (LON)“-Bussystem heraus.

(1097) Der ***EIB – European Installation-Bus,*** wurde ursprünglich für die Verwendung in Zweckbauten entwickelt. Inzwischen sind viele Produkte und Applikationen des EIB im Bereich Schalter, Lichtsteuerung, Jalousiesteuerung usw. der unterschiedlichen Anbieter auf dem Markt verfügbar. Bei Übertragungsmedien unterstützt das EIB-System neben Twisted PAIR auch Medien wie Powerline und Funk. Bereits über hundert Firmen sind als Mitglieder bei der Dachorganisation des EIB-Systems der EIBA in Brüssel eingetragen. Die EIBA zertifiziert die EIB-Produkte der verschiedenen Hersteller und nimmt diese in Datenbanken auf. Es ist zu erwarten, dass der EIB seine Stellung als marktführendes System in Europa weiter ausbaut und weltweit an Bedeutung gewinnt.[289]

(1098) Die LON-Technologie (Local Operation Network) basiert auf einem Chip der Firma Echelon aus den USA. Geplant war, nahezu alle Einsatzmöglichkeiten von Feldbussystemen abzudecken. Derzeit werden nur ca. zehn Prozent der verkauften Netzknoten in offene Systeme der Gebäudetechnik verbaut. Der Schwerpunkt liegt in Europa beim Einsatz in Zweckbauten. Im Wohnungsbau spielt LON bisher kaum eine Rolle. Der Engineering-Aufwand zur Installation und Wartung ist bei LON-Systemen relativ hoch, da bisher eine einheitliche Softwareunterstützung fehlt.

(1099) Die Vielfalt der derzeit verfügbaren „Smart Home“-Systeme hängt u. a. davon ab, dass eine Reihe unterschiedlicher Übertragungsmedien[290] eingesetzt werden und auf diesen Medien unterschiedliche Kommunikationsstandards (z. B. EIB, LON) aufsetzen können, die bisher nur mit bestimmten Produktgruppen von Endgeräten kompatibel sind.

(1100) Es zeigt sich aber ein Trend zur weiteren Standardisierung. So konnte innerhalb Europas eine Einigung der drei Systeme EIB, BatiBus und EHS auf einen gemeinsa-

---

[288] Aebischer, Huser (2000).

[289] Tränkler u. a. (2001).

[290] Übertragungsmedien sind u. a. folgende zu nennen: Telefonkabel, Twisted pair Cat. 5 – Verkabelung, Koaxkabel (Antennenkabel), Wireless (Funk, Infrarot), Stromnetz (powerline), Lichtwellenleiter, etc.

men Konvergenz-Standard (Arbeitstitel: KONNEX) erreicht werden. Er ist aufwärts kompatibel, d. h. es laufen auch beispielsweise EIB-Installationen auf einem Konnexstandard.

Externe/interne Vernetzung

(1101) Die Einbindung der Haushalte in externe Kommunikationsnetze (Telekabel, Internet, Mobilfunk) mit ihren jeweiligen Standards und Protokollen (ISDN, xDSL, UMTS) rückt weiter in den Vordergrund. Es ergeben sich Chancen für das Angebot verschiedener möglicher E-commerce-Dienstleistungen. Als Schnittstelle zwischen externem Netz mit seinen Dienstanbietern und Inhaus-Netz wird ein „residential gateway“ errichtet. Das Gateway ermöglicht und steuert die Daten-, Multimedia- und Internetkommunikation zu und aus dem Haus. Diese Netzwerkanbindung scheint zunehmend zu einem Beschleuniger und Antrieb auch der internen Vernetzung zu werden.

(1102) Die nachfolgende Abbildung 4-61 stellt den möglichen Vernetzungs- und Systemumfang dar.

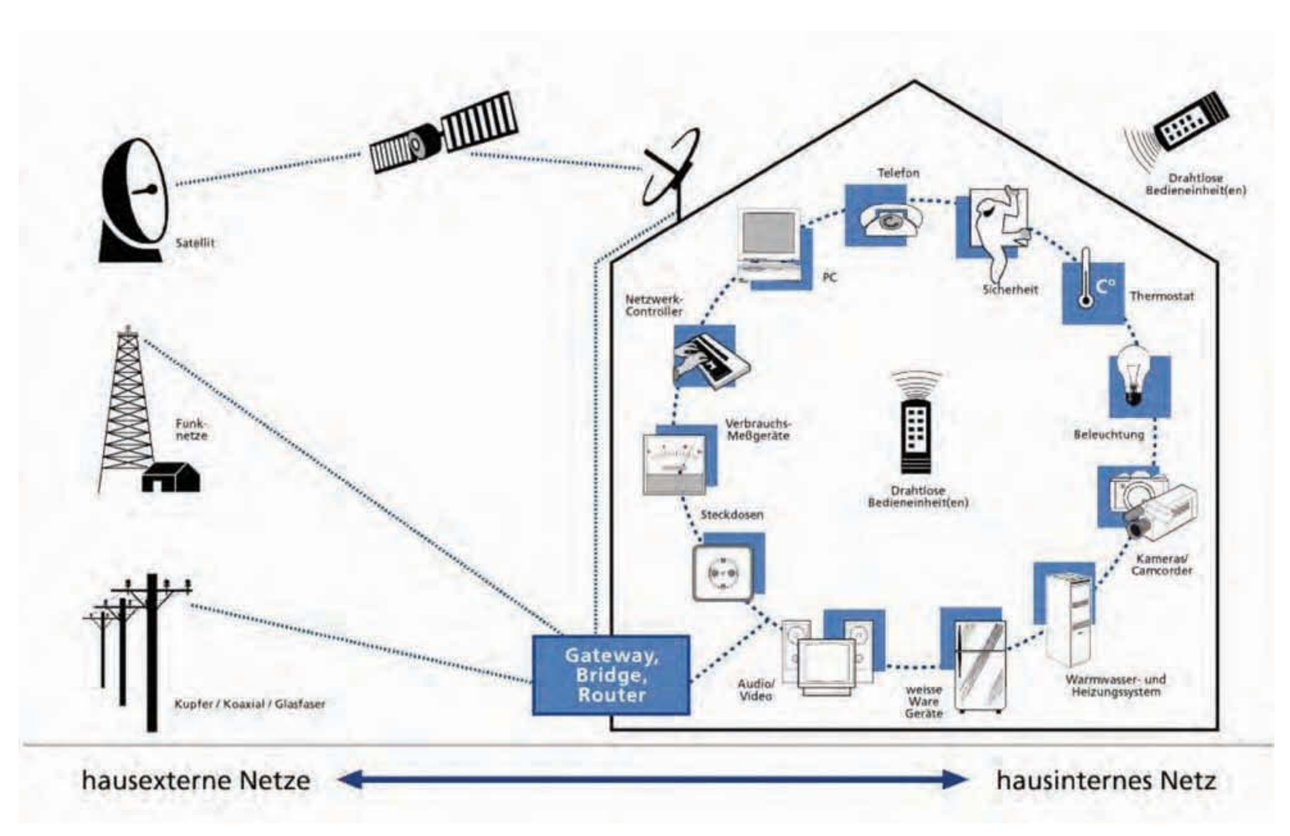
4.3.7.1.3 Wesentliche Anwendungsfelder

(1103) Durch die Vernetzung unterschiedlicher Teilsysteme ergibt sich ein großes Spektrum möglicher Anwendungen. Bereits mögliche Anwendungen von intelligenten Gebäudetechniken in Wohngebäuden sind beispielsweise:[291]

– Individuelle Programmierung (Licht, Rolladen, raumspezifische Heizungssteuerung etc.),
– Szenariensteuerung (z. B. beim Anschalten des Fernsehens – automatisch Jalousien im Wohnzimmer herunter, bestimmte Lampen ein/aus oder auf bestimmte Lichtstärke etc.),
– Anwesenheitssimulation, beispielsweise wenn Bewohner im Urlaub sind (Öffnen und Schließen der Jalousien, Licht etc. – ohne täglich identische Wiederholung),
– Wahrnehmung von Kontrollfunktionen (ist das Licht aus, die Tür zu, der Herd aus, das Fenster geschlossen etc.) – Möglichkeit der Abfrage über Telefon / Internet / vom Bett aus,

Abbildung 4-61

Systemumfang im Haus – Projekt



Quelle: IMS (2001)

[291] Rohracher (2001).

– Zentraler Schalter am Hausausgang, mit dem bei Verlassen des Hauses alle Geräte vom Netz getrennt werden können (bis auf bestimmte vordefinierte Anwendungen),
– Orten und Anzeigen von Defekten an elektrischen Geräten (Heizung, Leck in Gasleitung, Wasser, taut Kühlschrank auf etc.) – wenn gewünscht, automatische Alarmierung von Servicediensten,
– Automation über Sensor-Aktor-Technik (Heizung oder Lüftung wird herunter-gefahren, wenn Fenster geöffnet wird oder durch Sonneneinstrahlung bestimmte Temperatur erreicht wird, Herunterfahren der Jalousien bei zu starker Sonneneinstrahlung, Warnung bei Regen vor geöffneten Fenstern etc.).

(1104) Weitere insbesondere zukünftige Anwendungsmöglichkeiten im Bereich Gebäudeintelligenz unter dem Aspekt der Energieeinsparpotenziale werden weiter hinten beschrieben.

(1105) Ergänzende Strukturierungen des Nutzens und der Ziele von Gebäudeintelligenz zeigen exemplarisch folgende Pilot- und Forschungsprojekte:

Intelligente Häuser als Demonstrationsobjekte

(1106) Eines der bekanntesten Beispiele für ein intelligentes Haus ist das in Australien realisierte Projekt ***iHome*** der Firma Cisco. Neben dem durchgängigen Einsatz von Vernetzungstechnologien liegt ein Schwerpunkt des Projektes auf dem Einsatz internetbasierter Technologien und Anwendungen. Schlüsselkomponenten des Projektes sind:

– *System-Integration* von Heizung, Klima, Lüftung, Sicherheitssystem, Audio/Video/Daten-Netzwerke,
– *Internetbasierte Technologien* zur Steuerung der Funktionen: Sicherheit, Raumkontrolle, Umwelt und Entertainment, Internettelefonie etc.,
– *Internet-basierte Dienstleistungen* wie z. B. Datensicherheit, Sprachsteuerung, Web-Portal etc.,
– *Mensch-Maschine-Schnittstellen* (Touch Screen, PDA, PC etc.),
– *Durchgängige Vernetzung und Verkabelung der Inhaus-Systeme.*

Intelligente Häuser im Fokus der Forschungs- und Entwicklungslabors

(1107) Neben den Demonstrationsobjekten gibt es *Smart-Home*-Forschungs- und Entwicklungsansätze, die im Wesentlichen die folgenden Bereiche betreffen:

– Bearbeitung von Schnittstellen- und Integrationsproblemstellungen,
– Entwicklung mikroelektronischer Systeme (Sensorik, Aktorik) für das intelligente Haus,
– Entwicklung neuartiger Teleservices/-dienstleistungen,
– Wohnen und Arbeiten mit moderner I&K,
– Betreutes Wohnen: Betreutes Wohnen im Alter, behindertengerechtes Wohnen.

(1108) Beispielhaft kann hier das auf fünf Jahre angelegte Forschungsprojekt ***in-Haus*** unter Leitung des Fraunhofer Instituts IMS in Duisburg genannt werden.[292]

Praxisnahe Umsetzungen Intelligenter Häuser

(1109) Erste praxisnahe Realisierungen, die marktreife Ansätze aus laufenden Forschungs- und Demonstrationsprojekten aufgegriffen haben, sind hauptsächlich im Bereich der Fertighaushersteller anzutreffen. Beispielhaft kann hier das SÜBA *online Haus* aufgeführt werden.

4.3.7.1.4 Bisherige und zukünftige Zielgruppen

(1110) Die bisherigen Zielgruppen für „Intelligente Gebäudetechnik“ befanden sich im Sektor für Nutzbauten in Industrie, Gewerbe und dem öffentlichen Bereich. Die größten ungenutzten Einsatzmöglichkeiten liegen jedoch im privaten Haus- und Mietwohnbereich sowie bei Altbauten. Systeme werden zunehmend billiger und somit attraktiver für den Privatkunden (vgl. Tabelle 4-96).

(1111) Die Nutzung „Intelligenter Gebäudetechnik“ war fast ausschließlich eine Technik für Neubauten (wegen Busleitung etc.). Vor der Markteinführung stehen einsatzreife Systeme für eine Nachinstallation im Altbau, da der Datenverkehr (über vorhandene Energieleitungen oder Funk) und die Programmierung/Steuerung auf die Erfordernisse im Altbau abgestimmt werden konnten.

4.3.7.1.5 Wirtschaftlichkeit des Systems und Kundenakzeptanz

(1112) Eine exakte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung unter dem Aspekt zusätzlicher Investitions- und Betriebskosten für die Umsetzung eines intelligentes Hauses im Verhältnis zur zusätzlichen Energieeinsparung ist derzeit aufgrund fehlender Untersuchungen noch nicht möglich.

(1113) Erste Berechnungen zeigen folgendes Bild bei den Kosten:[293]

– *Investitionskosten:* Gebäudesystemtechnik/Gebäudeautomation ist wirtschaftlich für mittlere und gehobene Funktionalität. Im Fertighausbau ist der Schwellenwert niedriger durch Rationalisierung und Standardisierung. Im Nutzbau fallen die Zusatzkosten für Gebäudesystemtechnik relativ wenig ins Gewicht.
– *Betriebskosten:* Die Entwicklung der laufenden Kosten ist unter Berücksichtigung der langen Nutzungsdauer eines Gebäudes höher anzusetzen als die der Investitionskosten. Zusätzliche Kosteneinsparungen (Energie, Personal, Wartung etc.) lassen sich derzeit nur schwer in Geld ausdrücken.

(1114) Einer Umfrage zufolge[294] wollen ca. 88 % aller potenziellen Bauherren nur 1,2 bis max. 7,0 % des Baupreises für intelligente Hausinstrumentierung investieren.

[292] IMS (2001).
[293] Weber u. a. (1998).
[294] Flaschke u. a. (1997).

Tabelle 4-96

Stand und Entwicklung „Intelligente Gebäudetechnik“ in unterschiedlichen Zielgruppen

Zielgruppen	Neubau		Altbau	
	Stand 2002	Potenzial	Stand 2002	Potenzial
Privater Bereich (z. B. Ein- und Mehrfamilienhäuser, Eigentums- und Mietwohnhäuser)	X	XXX	—	XXX
Gewerbe (z. B. Geschäfte, Werkstätten, kleinere Büros, Arztpraxen, Bankfilialen, Altenheime, Kirchen)	XX	XXX	X	XX
Industrie (inkl. Produktion und Verwaltung) (z. B. Automobilindustrie, Chemie, Pharma, Metallverarbeitungsindustrie, Nahrungsmittel-/Getränkeindustrie, Elektroindustrie, Energieversorgungsindustrie)	XXX	XX	XX	XX
Öffentlicher Bereich (z. B. Schulen, Sport- und Freizeiteinrichtungen, Verwaltungen, Museen, Krankenhaushäuser)	XX	XXX	XX	XXX
Legende: X= gering, XX = mittel, XXX = hoch				

Quelle: IZES (2002)

Die Kosten für ein ausschließlich drahtgebundenes Instrumentierungssystem betragen gegenwärtig noch mindestens 10 % der Gebäudekosten (Die Angaben der Untersuchung stammen aus dem Jahr 1997). Bei steigenden Stückzahlen können die Stückkosten für Komponenten oder Systeme reduziert werden.

(1115) Um hohe Stückzahlen beispielsweise bei den Instrumentierungskomponenten zu erreichen, muss die Ausgestaltung der Systeme so sein, dass Altbauten mit geringem Aufwand nachgerüstet werden können.

(1116) Kostensenkung durch Großserienfertigung bedarf einer kritischen Menge. Vorerst kann ein Kunde noch nicht direkt davon profitieren, dass sich bereits andere für ein intelligentes Haus entschieden haben.

(1117) Untersuchungen haben gezeigt, dass die Verbraucher nur bereit sind, für ein intelligentes Haus höhere Investitionskosten zu tragen, wenn dem Hausbewohner ein „Mehr an Nutzen“ gegenüber den heutigen Einzelsystemen geboten wird.[295]

4.3.7.1.6 Energieeinsparung in ausgewählten Bereichen

(1118) Der Energiebedarf von Gebäuden wird in starkem Maße auch vom Verhalten der Nutzer beeinflusst.

(1119) Im ***Heizenergieverbrauch*** werden durch das Nutzerverhalten große Unterschiede verursacht. Beeinflusst werden diese durch Gewohnheiten bezüglich der Raumtemperaturwahl, der Außentemperatur bei Heizbeginn und des Lüftens.

- Abrechnungsumstellung von quadratmeter- bzw. personenbezogener Abrechnung auf verbrauchsorientierte mittels Heizkostenverteiler bringt durchschnittlich 18–20 % Energieeinsparung.[296]
- Beim Vergleich 48 baugleicher Häuser lag zwischen dem geringsten und dem höchsten Verbrauch ein Faktor von drei.[297]

(1120) Auch beim ***Elektrizitätsverbrauch*** spielt das Nutzerverhalten eine wichtige Rolle:

- Die Energieagentur Nordrhein-Westfalen beziffert das Stromsparpotenzial in Büros von Wirtschaft und Verwaltung auf bis zu 70 %, wenn bei Bürotechnik und Nutzerverhalten alle Möglichkeiten der Energieoptimierung ausgeschöpft werden.[298]
- In Bürogebäuden beträgt der Anteil der Beleuchtung am Stromverbrauch bis zu 40 %. Energieeinsparungen

[295] Tränkler u. a. (2001).

[296] Techem (2000).

[297] Mügge (1993).

[298] Frielingsdorf (1999).

von 50 % sind durch tageslichtabhängiges, automatisches Dimmen und der Optimierung der Einschaltzeit durch den Einsatz von Präsenzmeldern möglich (beim Sollwert von 500 Lux).[299]

– Tests mit Signalgeräten (Feedback-Systeme), welches den Nutzern ihre Stromkosten pro Stunde anzeigt, brachten Einsparungen von 12 %.[300]

(1121) Durch Beeinflussung des Nutzerverhaltens beispielsweise mit Feed-Back-Systemen und automatischen Steuerungssystemen sind die aufgeführten Einsparpotenziale teilweise erschließbar.

(1122) Der energienahe, umwelt- und ressourcenschonende Aspekt des „intelligenten Hauses“ umfasst eine breite Palette von Energiesparmöglichkeiten, die sich mit folgenden Oberbegriffen beschreiben lassen:[301]

– Bedarfsgerechtes Energiemanagement;
– Lastmanagement / Flexible Tarifierung;
– Internetbasierte energienahe Dienstleistungen;
– Nachhaltigkeits- und ressourcenschonende Potenziale durch Ferndiagnose und Fernwartung.

Bedarfsgerechtes Energiemanagement

(1123) Hierunter wird eine Vielzahl verschiedener Anwendungen verstanden, z. B.:

– *Heizungssteuerung,* insbesondere anwesenheitsgesteuerte Einzelraumregelung – d. h. ein bedarfsgerechtes Bereitstellen der notwendigen Heizenergie. Des weiteren wird das Öffnen der Fenster durch Sensoren automatisch erkannt und führt zum Schließen der Heizkörperventile –> Reduzierung der Lüftungsverluste. Die Einsparpotenziale liegen hier laut statistischer Erhebungen in der Größenordnung von 20 bis 30 %, wobei im EFH die untere Marke realistischer ist.

– *Lüftungssteuerung* – z. B. bedarfsabhängig über CO_2-Sensorik.

– *Systemübergreifendes Energiemanagement* von Heizung, Lüftung, ggf. Klima und Brauchwarmwasserbereitung. Hier liegen Optimierungspotenziale im Hinblick auf die bedarfsabhängige Energiebereitstellung. Insbesondere die Einbindung erneuerbarer Energieträger (z. B. vorhandenes oder zu erwartendes Energieangebot eines Solarkollektors) wird im systemübergreifenden Kontext interessant.

– *Optimierung der Brauchwarmwasserbereitung* – durch individuell einstellbare Nutzungsprofile, mögliche Temperaturabweichungen und Zeitverläufe kann das System u. a. im Hinblick auf ein durchzuführendes Lastmanagement optimiert werden.

– *Bedarfsabhängige Licht- und Helligkeitsregelung* – in Abhängigkeit des vorhandenen natürlichen Lichtangebotes. Die Einsparpotenziale liegen hierbei in der Größenordnung von 15–60 %, wobei das Hauptpotenzial im Zweckbau zu sehen ist.

– *Jalousiensteuerung* – Der Einsatz der Jalousien wird hierbei insbesondere in seiner Funktion als Blend- und Wärmeschutz gesehen.

– *Dialogfähiges Energiemanagement/Nutzerfeedback* – dieser Begriff spiegelt die Interaktion des Nutzers mit dem System wider. Der Nutzer bekommt energierelevante Informationen über Energieverbrauch bis hin zu Energiespartipps und wird somit zu einem (energie-) bewussterem Verhalten animiert. Das Einsparpotenzial entsprechender Systeme wird auf ca. 10 % geschätzt.

Lastmanagement, Flexible Tarifierung, virtuelle Kraftwerke

(1124) Die Energieversorgung der Zukunft wird auf der Erzeugerseite möglicherweise stärker dezentral aufgebaut sein. Bustechnologien und Mikroprozessoren in Energieerzeugungs- und Verbrauchsanlagen beim Endkunden werden es Energiedienstleistern ermöglichen, das Lastmanagement mit flexiblen Tarifen für Endkunden über „virtuelle Kraftwerke“ anzubieten (vgl. Kapitel 4.3.7.2.)

Internetbasierte, energienahe Dienstleistungen

(1124) Als weitere internetbasierte Dienstleistungen sind denkbar:

– Tele-Metering, die automatische Zählerfernauslesung,
– Verbrauchsanalyse, in Verbindung mit Fernauslese der Verbrauchsdaten (s. o.),
– Haus-Navigator, zur Steuerung des Intelligenten Hauses und als Info-Portal,
– Technische Unterstützung/Hilfestellung – z. B. Online Bedienungsanleitungen von technische Geräten, Fernwartungsoptionen, Funktionskontrolle von Geräten etc.

Potenziale durch Ferndiagnose, Fernwartung etc.

(1126) Die Anbindung von Endgeräten mit Teilintelligenz an das Internet ermöglicht weitere sehr interessante Dienstleistungsoptionen, die einen offensichtlichen Einspareffekt nach sich ziehen – z. B.:

– *Fernwartung* und die damit verbundene Optimierung der Betriebsabläufe bzw. Störungsbehebung aus der Ferne;
– *Telemedizin* – Ferndiagnose erspart in einfachen Fällen u. a. unnötige Transfers von Arzt zu Patient oder umgekehrt;
– *Teleworking* – Einsatz moderner I&K ermöglicht ressourcenschonendes Arbeiten am Wohnort;
– *Videokonferenz* – Besprechungen über internetbasierte Dienste oder Datenleitungen (ISDN).

4.3.7.1.7 Gegenläufige Effekte

(1127) Die Auswirkungen der Vernetzung der Haushaltsgeräte und die intelligente Steuerung der Haustechnik auf

[299] Kühr (1999).
[300] Stadler (2000).
[301] Tränkler u. a. (2001).

den bisherigen Energieverbrauch sind vielfältig. Hinzu kommen u. a. neue energieverbrauchende Technologien und Dienstleistungen wie Kommunikation/Internet, Sicherheitsbeleuchtung, Eigenverbrauch des Systems (Bus) etc.

(1128) Für den Stromverbrauch im Haushaltssektor wird für die kommenden 20 Jahre ein maximales Wachstum von insgesamt 1,3 % pro Jahr abgeschätzt.[302] Enthalten sind hier alle Anwendungen auch im Bereich MultiMedia, PC, Drucker etc.. Maßnahmen zur Reduktion dieses Zuwachses bietet die Minimierung des Stromverbrauchs der Komponenten, Geräte und Anlagen im Standby- und Auszustand.

(1129) Detaillierte, differenzierte Zahlen für den Bereich „Gebäudeintelligenz“ sind derzeit nicht vorhanden. Es besteht noch Forschungsbedarf, um über die Höhe des zusätzlichen Stromverbrauchs, verursacht durch „Gebäudeintelligenz“, gesicherte Aussagen treffen zu können und ihn den durch „Gebäudeintelligenz“ verursachten Einspareffekten gegenüberzustellen.

4.3.7.1.8 Einschätzung der weiteren Verbreitung

Anforderungen an intelligente Häuser der Zukunft

(1130) Neben zahlreichen Marktstudien, die dem Intelligenten Haus einen Massenmarkt in den kommenden 5 bis 10 Jahren voraussagen und damit ein enormes Potenzial für die Industrie, gibt es eine Reihe von Trends, die ein intensives Auseinandersetzen mit dieser Thematik erfordern, wie z. B.:

– Demographische Trends;
– *Zunehmende Alterung der Gesellschaft* verbunden mit wachsendem Individualitätsanspruch von Hilfsbedürftigen und damit der Bedarf, neue Konzepte des betreuten und technikunterstützten Wohnens zu entwickeln;
– *Der Wandel von der Industrie- zur Dienstleistungsgesellschaft* verlangt zeitlich und räumlich flexible Wohnkonzepte;
– *Zunehmende Zahl von alternativen Haushaltsformen und Single-Haushalten* und damit Bedarf an unterstützender Technik;
– *Stärkere Gewichtung des Umweltbewusstseins* und damit Bedarf an umweltbewusstem, ressourcenschonendem Bauen, Wohnen und Arbeiten;
– Ökonomische Trends;
– *Entwicklung der IuK-Technologie* zu einer Schlüsseltechnologie;
– Liberalisierung der Strom- und Telekommunikationsmärkte bewirkt ein engeres Zusammenwachsen von Energie und Kommunikationsmärkten, sowie neuen Dienstleistungsoptionen;
– Wachsender Anteil internetbasierter Technologien und Dienstleistungen und der damit verbundene Mehrwert des intelligenten Hauses.

[302] Aebischer (2000).

Marktprognosen

(1131) Die Marktprognosen für die verschiedenen Komponenten eines intelligent vernetzten Hauses, insbesondere Controller, Knotenpunkte, aber auch allgemeine Vernetzung von Anwendungen, sind äußerst optimistisch. Einen Ausblick darauf, wohin sich der Markt entwickeln kann, gibt der US-Markt, der den anderen Märkten etwa drei Jahre voraus ist. In den USA wird allgemein die Konvergenz von Multimedia-Anwendungen mit der Haustechnik erwartet. 42 % der US-Einfamilienhausbesitzer können sich heute vorstellen, Technologien für ein vernetztes Gebäude einzusetzen.

(1132) Die potenziellen Anwender versprechen sich heute vor allem mehr Sicherheit (Brandgefahr, Einbruch, Notfälle), Beiträge zum Energiesparen und Informationen über Gerätestörungen. Komfort ist vor allem bei Mietern gefragt.

(1133) Die energetische Simulation der Gebäude und die Ökobilanzierung bildet die Grundlage einer Gesamtoptimierung für eine nachhaltige Bau- und Betriebsweise.

(1134) Es wird nicht damit getan sein, nur neue Technologien in den Markt zu bringen (technology push). Vielmehr muss zukünftig der Nutzer mit seinen individuellen Anforderungen und Wünschen stärker im Design intelligenter Häuser berücksichtigt werden. Erfolg versprechend werden letztlich Konzepte sein, die Technologie-Vorteile und Energieeffizienz mit adäquaten Dienstleistungsangeboten verbinden können. Einige der möglichen Felder wurden bereits oben beschrieben (Beispiel Energiemanagement/Beispiel Fernwartung und Diagnose).

4.3.7.1.9 Zusammenfassung und Ausblick

(1135) Durch die Einführung der Gebäudesystemtechnik treten zunehmend Systemaspekte an die Stelle der Betrachtung einzelner Anwendungen. Die neuen Möglichkeiten, die sich aus der Vernetzung verschiedener Gewerke ergeben, können aber nur erschlossen werden, wenn eine einheitliche Betrachtung des Gesamtsystems erreicht wird. Diese einheitliche Betrachtung ist bereits bei der Systementwicklung unerlässlich und muss sich über Planung, Projektierung und Ausführung bis zum Endanwender durchziehen. Durchgängige Softwarelösungen müssen bereitgestellt werden.

(1136) Die Gebäudesystemtechnik hat in der Industrie bzw. bei Zweckbauten bereits ihren Platz gefunden. Soll sie sich auch im privaten Bereich durchsetzen, müssen weitere Anwendungsgebiete erschlossen werden. Der Kunde erwartet ein Gesamtsystem, das auch Telefonie, Multimedia und Internet einschließt. Nur wenn die Gebäudesystemtechnik in der gesamten Breite Antworten für die Informations- und Steuerungstechnik im Haus gibt, wird sich diese im Wohnungsbau durchsetzen.

(1137) Wegbereiter der oben angeführten Vernetzungssynergien und -potenziale sind letztendlich die Hausbus- bzw. Hausautomationssysteme in Verbindung mit modernen IuK-Technologien.

(1138) Der Beitrag zum Klimaschutz ist in Zahlen derzeit nicht greifbar. Die vorherigen Ausführungen zeigen, dass

es durchaus ein breites Einsatzspektrum von „intelligenter Haus“-Technologie gibt, das zu effizienter Energienutzung führt. Dies sind im Wesentlichen verbesserte Steuermöglichkeiten von Geräten und Haustechnik (z. B. Heizung, Lüftung, Warmwasserbereitung), Lastmanagement durch Energieversorger und Energieinformationen, die das Verbrauchsverhalten beeinflussen können. Das Verbrauchsreduktionspotenzial jeder dieser Anwendungen kann schwer abgeschätzt werden, da es im hohen Maße vom Vergleichsniveau abhängt.

(1139) Mittel- und langfristig muss im Bereich „Intelligentes Haus“ eher mit einem derzeit nicht bezifferbaren Absatz-Zuwachs gerechnet werden. Gründe hierfür sind:

– Zunehmender Anteil technikoffener Vertreter der Computergeneration sowohl in der Bauherrengruppe als auch in den verantwortlichen Ebenen bei den Herstellern, Installateuren und Dienstleistungsanbietern.[303]

– Steigende Anforderungen an Sicherheit, Komfort und Energieeinsparung.

(1140) Mit Effizienzgewinnen durch eine stärkere Gebäudeautomation lässt sich dann nur gegenüber dem Trendzuwachs, nicht jedoch in absoluten Einsparungen argumentieren.

4.3.7.2 Virtuelle Kraftwerke

(1141) Die Energieversorgung der Zukunft wird möglicherweise stärker dezentral aufgebaut sein. Hierbei wird es u. a. durch die Haus- bzw. Gebäudeautomation in Verbindung mit beispielsweise Telemetrie in Zukunft möglich, kundenspezifisches Energiemanagement über eine übergeordnete Leitebene des „virtuellen Kraftwerkes“ zu koordinieren.

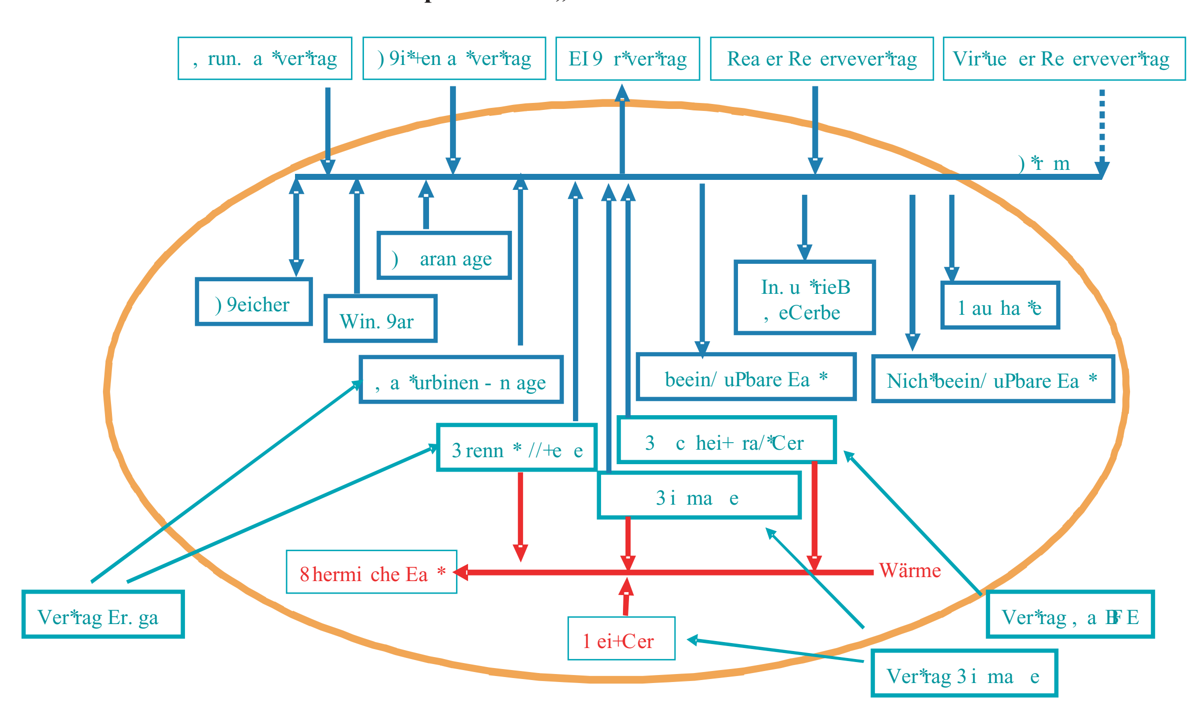
4.3.7.2.1 Begriffsdefinition und Erklärung des Systems

(1142) Ziel ist es, durch die koordinierte Steuerung vieler dezentraler kleiner Erzeugungseinheiten (BHKW, WKA, Brennstoffzellen, Photovoltaikanlagen etc.) und von Strom-Abnehmern (große und kleine Stromkunden) über intelligente Vernetzung, diese Stromquellen zu integrieren und damit gleichsam ein verteiltes Großkraftwerk zu betreiben – das „virtuelle Kraftwerk“. Durch die intelligente Steuerung von Angebots- und Nachfrageseite sind dynamische Optimierungen möglich, die sowohl Energie- als auch Kosteneinsparungen ermöglichen können.

(1143) Die Stromnetze übernehmen in diesem Konzept primär eine Austauschfunktion und verlieren ihre traditionelle Grundversorgungsfunktion (vgl. Abbildung 4-62).

Abbildung 4-62

Beispiel für ein „Virtuelles Kraftwerk[304]



Quelle: Siemens AG, Erlangen, ETG-Kongress, Okt. 2001

[303] Tränkler u. a. (2001).

[304] In dem Schaubild nicht enthalten ist die Darsrtellung von I & K-Netzen, Automatisierung, ISDN/Internet/E-Comerce, Ferndiagnose, Nutzungsmanagement, Energieeffizienz, Entwicklung von Software-Tools etc.

Voraussetzung dafür ist die Vernetzung der einzelnen dezentralen Einspeiser und Abnehmer auf der unteren regionalen Netzebene. Mit Hilfe moderner Rechnersysteme, Kommunikationsnetze und -dienste und des Einsatzes moderner Steuerungselektronik werden diese gekoppelt und durch Leitsysteme in einen rationellen Netzbetrieb integriert. Die Abnehmer verfügen dabei auch beispielsweise über Gebäudeintelligenz und können ihr eigenes Energiemanagement in das übergeordnete Managementsystem integrieren. Das Gesamtsystem „verhält“ sich gewissermaßen wie ein selbstorganisierter Prozess, der mit anderen selbstorganisierenden Systemen verbunden ist.

4.3.7.2.2 Netzeinbindung

(1144) Zentral große Einheiten haben dazu geführt, dass gemäß der Sicherheitsphilosophie N-1 (der Ausfall der größten Einheit ist zu beherrschen) Reservevorhaltungen geschaffen wurden, die zu Überkapazitäten führten und die Gesamtkosten in die Höhe trieben. Unter diesen Prämissen war es schwierig, Windkraftwerke im Netzverbund aus Sicht der Verbundebene wirtschaftlich zu betreiben. Die Konsequenz daraus muss sein, diese Philosophie zu ändern.

(1145) Dazu müssen Planung, Bau und Betrieb der Netze in einer Weise neu konzipiert werden, die es erlaubt, die Stromnachfrage an die jeweils verfügbare Erzeugung anzupassen und umgekehrt dezentrale Quellen entsprechend dem aktuellen Bedarf zu steuern. Dies beinhaltet die Abkehr von der traditionellen monodirektionalen Netzsteuerung und Verteilung von den oberen zu den unteren Spannungsebenen hin zur bidirektionalen Verteilung von der regionalen Niederspannungsebene hin zur oberen Spannungsebene und umgekehrt.

(1146) Derzeitige Projekte bzw. Pilotversuche (vgl. Tabelle 4-97) haben alle das Ziel, insbesondere regenerative Energien intelligent mit entsprechenden Prognose- und Steuerungssystemen zu einem „virtuellen Kraftwerk“ zu verknüpfen; d. h. mit Hilfe von „virtuellen Kraftwerken“ lassen sich regenerative Energien zukünftig besser in Verbundnetze einbinden. Der energiewirtschaftliche Nutzen von regenerativen Energien wird somit zusätzlich erhöht.

Weitere Projekte:

(1147) Im Jahr 2002 beginnt ein von der Europäischen Union geförderter Feldtest mit ca. 50 dezentralen BZ-Systemen, die mit einer Leitwarte verbunden werden. Dieses „virtuelle Brennstoffzellen-Kraftwerk“ wird die verbrauchsnahe Erzeugung in einzelnen Häusern mit dem Lastmanagement des Stromnetzes verbinden.

4.3.7.2.3 Energieeffizienzvorteile

Spezifische Einsparpotenziale (technisch, ökonomisch, ökologisch)

(1148) Derzeit liegen dazu keine systematischen Untersuchungen vor. Ergebnisse werden aus den bereits laufenden bzw. aus neuen Pilotprojekten erwartet.

Tabelle 4-97

Aktuelle Projekte im Bereich dezentraler Energieversorgung (virtuelle Kraftwerke) unter Einbindung von regenerativen Energien:

Projekt	Ziel	Teilnehmer	Dauer	Budget
DIS POWER	Entwicklung von Hard- und Software für den optimalen Betrieb einer großen Anzahl dezentraler Stromerzeuger inkl. der Einbindung in vorhandene Netze. Ausbau von Infrastrukturen zur Durchführung von Pilotversuchen in Europa.	37 Partner innerhalb der EU. Leitung: ISET in Kassel	4 Jahre bis 2006	Projektumfang ca. 17 Mio. Euro. 50 % aus EU-Mitteln gefördert
EDISON	Entwicklung eines Konzeptes und von Komponenten für eine neue, dezentrale Netzstruktur mit integriertem Kommunikationssystem. Bausteine sind Photovoltaik- und Windkraftanlagen, BHKW, Brennstoffzellen, lokale Energiespeicher, Power Quality Geräte.	17 Industrie- und Forschungspartner in Deutschland Leitung: Stadtwerke Karlsruhe, Fraunhofer ISE, EUS GmbH in Gelsenkirchen und Siemens AG in Erlangen.	Ende 2003	Projektumfang ca. 16 Mio. Euro. Förderung BMWI ca. 7,6 Mio. Euro
Energiepark KonWerl 2010	Verknüpfung verschiedener regenerativer, aber auch konventioneller Erzeugungssysteme EVU-Netz und Fernwärmeleitungen mittels eines integrativen Energie- und Verbrauchsmanagements	Träger: GWS Werl, TWS, VEW, Stadtwerke Werl und Siemens AG	Ende 2002	NRW Landes- und EU-Mittel ca. 5 Mio. Euro

(1149) Potenziale aus einem dezentralen Energieversorgungskonzept können sich unter der Betrachtung folgender Zielsetzungen ableiten lassen:

– Energie möglichst dort zu erzeugen, wo sie gebraucht wird, bzw. zu verbrauchen, wo sie erzeugt wird.
– Verfügbare Energie – insbesondere dargebotsabhängige regenerative Energie – der Last zuzuführen, die im Augenblick des Dargebots den dringendsten Bedarf bzw. beste Verwendung hat.
– Evtl. erforderlichen überregionalen Energiebezug aus dem Netz zu optimieren und so die Versorgung des Gebietes energetisch, ökonomisch und ökologisch nach vorzugebenden Kriterien zu optimieren.
– Die Ausgleichsfunktion innerhalb des dezentralen Netzes zwischen tatsächlicher Energienachfrage und vorhandenem Angebot zu berücksichtigen.

Energieeinsparpotenziale insgesamt gegenüber dem heutigen Kraftwerkpark

(1150) „Die heute noch weitgehend bestehende Philosophie der Energieversorgung, die sich seit mehr als 100 Jahren entwickelt hat, besteht überwiegend darin, durch große Kraftwerksblöcke und Übertragungssysteme zentral Energie zu erzeugen und über Hochspannungssysteme zu den Lastzentren zu übertragen und dort zu verteilen“.[305] Begründungen waren sowohl ökonomischer wie technischer Natur. Im Kraftwerksbau wurden über Skaleneffekte spezifische Kosten gesenkt, die Entwicklung von Großen Turbinen, Generatoren und Übertragungstechnik machte dies möglich.

(1151) Heute besteht die Möglichkeit, mit kleinen Einheiten Energie dezentral bereitzustellen und ausgleichend zu verteilen, sowie die Kommunikationsinfrastruktur durch moderne IT-Technologie aufzubauen. Durch die intelligente Verknüpfung dezentraler Energieeinheiten (Wärme, Strom, Rohstoffe) mit dem Netzverbund ist bei steigendem Einsatz dezentraler Systeme (fossil, regenerativ) im Laufe der nächsten zwanzig Jahre ein Einsparpotenzial im Hinblick auf die Primärenergie von mindestens 20 % bei gleich bleibender Versorgungssicherheit möglich. Diese Einschätzung soll u. a. in den Forschungsprojekten EDISON und KonWerl 2010 untersucht werden.[306]

(1152) Der Einsatz dezentraler Energieerzeuger und -speicher sollte ökonomisch nicht ausschließlich an den reinen Stromgestehungskosten bzw. den Ersparnissen im Stromhandel, durch die Absenkung der Spitzenlast, gemessen werden. Wesentliche Einsparpotenziale für den Energieversorger entstehen aus eingesparten Investitionen für Netzausbau wie Leitungen und Transformatoren oder Netz-Ersatzinvestitionen.

(1153) Modellkraftwerkskonzepte helfen, bei unterschiedlicher Nachfragesituation den optimalen Mix an eingesetzten Energieerzeugungstechnologien zu finden. Insbesondere beim Ab- und Hinzuschalten von Anlagen kann entschieden werden, welche umweltverträglicher sind.

(1154) Ein Vergleich oder eine Bilanz der Energieeffizienz von heutigen Großkraftwerken zu einem „Virtuellen Kraftwerk“ gleicher Energieversorgungsleistung ist derzeit jedoch noch nicht möglich.

4.3.7.2.4 Einschätzung der weiteren Entwicklung

4.3.7.2.4.1 Rahmenbedingungen

(1155) Ansätze zu Maßnahmen zur Ausschöpfung der jeweiligen technischen/wirtschaftlichen/ökologischen Potenziale ergeben sich u. a. aus nachfolgenden Recherchen der Siemens AG:

– Einsatz dezentraler Energieerzeugungssysteme unter wirtschaftlicher Einbindung regenerativer und fossiler Energieträger;
– Erfassung und Prognose des Verbrauchs der Kunden (repräsentativ), der dezentralen Erzeugung und des externen Lastganges;
– Optimierung durch Beeinflussung der Verbraucher, Steuerung der Erzeuger und Auswahl der Bezugsverträge;
– Intelligente Vernetzung von Erzeugungssystemen, steuerbaren Lasten und der vorhandenen elektrischen Netze über innovative Energiemanagement-Systeme, welche dezentrale Einheiten bis hin zum regionalen Netz integrieren;
– Einsatz von Energieeffizienzmaßnahmen in Bezug auf Erzeugung, Übertragung, Verteilung und Vermarktung mittels innovativer Energiemanagement-Systeme zur Reduktion des Primärenergieverbrauches und der Betriebskosten.

4.3.7.2.4.2 Treiber

(1156) ***I + K-Technologien:*** Bedeutende Innovationstreiber in der Energietechnik, insbesondere im Bereich dezentraler Energieverbunde, sind die Informations- und Kommunikationstechnologien. Diese beeinflussen das gesamte Feld der Kraftwerks- und Netzführung, den Energiehandel und den Service und ermöglichen die ganzheitliche Integration der technischen und kommerziellen Prozesse.

(1157) ***DEMS (Dezentrale Energiemanagement-Systeme):*** Auf der Grundlage verbesserter Verfahren zur Prognose, Einsatzplanung und Lastverteilung wird das Energiemanagement verstärkt. In der untersten dezentralen Ebene erfolgt eine geregelte, lokale Kurzfrist-Optimierung unter Einbeziehung von Gas, Wasser, Wärme bzw. Kraft-Wärme-Kopplung und Rückspeisung.[307]

[305] Feldmann (2001).
[306] Feldmann (2001).
[307] Bitsch (2001).

4.3.7.2.4.3 Chancen/Vorteile

- Durch intelligente Energiemanagement-Systeme erhöht sich der energiewirtschaftliche Nutzen regenerativer Energien und dezentraler Energiequellen.
- „Virtuelle Kraftwerke“ zeichnen sich aus durch relativ hohe Wirkungsgrade (auch im Teillastbereich), hohe Verfügbarkeit, hohe Leistungsgeschwindigkeit sowie minimale Übertragungs- und Transformationsverluste und sind in einem großen Regelbereich wirtschaftlich.
- Stromversorgungssicherheit ist bei dezentralen Systemen gegeben. Das Ausfallrisiko für ein Versorgungssystem auf Basis eines „virtuellen Kraftwerks“ mit einem Mix aus dezentraler Erzeugungs- und Versorgungsstruktur ist geringer als bei einem zentralen Großkraftwerk (n-1-Kriterium).
- Einsparungspotenziale durch geringere Bereitstellung von Vorhalte-/Sicherheitsleistung. Abbau von Netzen bzw. der Netzdichte mit Verringerung der Doppellungen sowie Überkapazitäten.
- Integrierte geregelte Energieoptimierung von unten anstelle getrennt gesteuerter Verteilung einzelner Energieformen von oben.

4.3.7.2.4.4 Risiken / Hemmnisse

- Der Anreiz für die Versorgungswirtschaft, in neue Systeme zu investieren, ist bei derzeit vorhandenen Kraftwerksüberkapazitäten, relativ niedrigen Preisen an Strombörsen und Rohölmärkten sowie neuen Unternehmensstrukturen durch Liberalisierung relativ gering.
- Verbesserte Wirkungsgrade und niedrigere Emissionswerte von neuen Großkraftwerksanlagen.
- Innovationen in der Energiewirtschaft benötigen ca. 20–30 Jahre um spürbare Veränderungen in den Versorgungsstrukturen zu bewirken.[308]
- Eine durch Sicherheits- und Reserve-Denken geprägte Versorgungsstruktur verlangt eine Gewährleistung der Sicherheit und der hohen Qualität des Stromnetzes. Pilotprojekte müssen dieses für „virtuelle Kraftwerke“ unter Beweis stellen.

4.3.7.2.5 Zusammenfassung und Ausblick

(1158) Zukünftig spielen zentrale Kraftwerke für die Erzeugung elektrischer Energie nach wie vor eine bedeutende Rolle, doch werden diese ergänzt von dezentralen Einheiten zur Nutzung regenerativer Energien und neuer Technologien.

(1159) Die Bereitstellung und Verteilung elektrischer Energie wird noch mehr als heute von der Synergie zwischen klassischer Energietechnik und intelligenter Informationstechnik abhängig sein. Grundsätzlich arbeitet die Mehrzahl der Technologielieferanten, teilweise in Kooperation mit Forschungseinrichtungen, am Thema „Intelligente Netze“ insbesondere in Hinblick auf die effiziente Einbindung dezentraler Energiesysteme in den Netzverbund.

[308] Feldmann (2001).

4.3.7.3 Gesamtfazit für das Kapitel 4.3.7

(1160) Effizienz- und Energieeinsparpotenziale in Hinblick auf die Möglichkeiten der Steuerungs- und Regelungstechnik im Bereich „Gebäudeintelligenz“ und „virtueller Kraftwerke“ sind vorhanden und nutzbar, teilweise bereits quantitativ messbar (vgl. Tabelle 4-98).

(1161) Dennoch besteht entsprechender Forschungs- und Entwicklungsbedarf, die vorhandenen Technologien zu intelligenten Energiemanagement-Systemen zu verknüpfen. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Weiterentwicklung der Informations- und Kommunikationstechnologien inkl. Software und der Durchführung entsprechender Pilot- und Feldversuche.

(1162) Die Möglichkeit, Energieerzeugungs- und Verteilungssysteme wie bei „virtuellen Kraftwerken“ mit vielfältigen, neuartigen Systemlösungen aus dem Bereich „Gebäudeintelligenz“ zu verknüpfen, erscheint sinnvoll. Dies betrifft u. a. die Nutzung bzw. Einbindung der Informations-/Kommunikations- und Steuerungssysteme und deren Vernetzungsebenen. Die Nachfrage bzw. Entwicklung von Software-Tools wird entsprechend steigen für beispielsweise Netznutzungsmanagement-Systeme, Systeme zum Abgleich zwischen Erzeugern und Nachfragern, Einsatz dezentraler Erzeuger (dispatch), Prognose- und Ferndiagnosemodelle, On-Line-Optimierung, Kontrolle/Überwachung, Diagnose, Netzinformation etc.

(1163) Die Möglichkeit einer zukünftigen Energiezuführung, die auf einen jederzeit optimierten Energiebedarf des Verbrauchers abgestimmt ist und/oder eine zeitpunktbezogene Energieerzeugung bzw. -verteilung (auch beim Verbraucher selbst) ist energiewirtschaftlich vielversprechend.

4.3.8 Energieeffizienzpotenziale durch verstärkte Kreislaufwirtschaft sowie bessere Material- und intensivere Produktnutzung

(1164) Die Nutzung von Investitions- und Gebrauchsgütern ist der Ausgangspunkt von Nachfrage nach mehr oder weniger energieintensiv hergestellten und weiterverarbeiteten Werkstoffen, die diesen Investitions- und Gebrauchsgütern ihre erwünschten Eigenschaften und Nutzungsmöglichkeiten eröffnen. Welches Material und welche Materialmenge hierzu eingesetzt wird, ist dem Nutzer häufig nicht bewusst bzw. nicht bekannt, schon gar nicht die bei ihrer Herstellung indirekt benötigten Energiemengen. Zählt man den während der Produktlebensdauer benötigten Energiebedarf, z. B. eines Elektromotors oder eines Gebäudes hinzu, könnte man die insgesamt benötigten Energiemengen zur Herstellung des Produktes und während seiner Nutzungszeit (eventuell einschließlich seiner Entsorgung) addieren und optimieren. Derartige ***produktspezifische Energieverbräuche „von der Wiege bis zum Grabe“*** eines Produktes liegen allerdings heute nur für wenige langfristige Gebrauchsgüter oder einige Verpackungsgüter vor. Selbst wenn diese Daten für viele Produkte vorlägen, müssten sie doch sektoral aufgeteilt werden, um sie der Struktur energiewirtschaftlicher Analysen anzupassen und Strategien nachhaltiger Materialnutzung unter Energieaspekten analysieren zu können. Es bleibt

Tabelle 4-98

Effizienz- und Energieeinsparpotenziale im Bereich Steuerungs- und Regelungstechnik am Beispiel „Gebäudeautomation“ und „virtuelle Kraftwerke“

Technologien/Systeme	Energieeinsparpotenziale (bezogen auf Endenergie)
„Gebäudeautomation/Intelligentes Haus“	
Verbrauchsorientierte Abrechnungsumstellung mittels Heizkostenverteiler	18–20 %
Ausschöpfung aller Möglichkeiten der Energieoptimierung bei Bürotechnik und Nutzverhalten	70 %
Anwesenheitsgesteuerte Heizung inkl. Einzelraumregelung	20–30 %
Bedarfsabhängige Licht- und Helligkeitsregelung	15–60 %
Dialogfähiges Energiemanagement/Nutzerfeedback (Infos zu Energieverbrauch und -spartipps)	10–20 %
„Virtuelle Kraftwerke“	
Intelligente Verknüpfung dezentraler Energieeinheiten (Wärme, Strom, Rohstoffe) mit Netzverbund bei steigendem Einsatz dezentraler Systeme (fossil, regenerativ)	20 % (im Laufe der nächsten 20 Jahre im Hinblick auf Primärenergie)

deshalb zu einer Potenzialanalyse nur die sektoral ausgerichtete Analyse der energetischen Wirkungen verbesserter Materialeffizienz.

(1165) In den vergangenen 20 bis 30 Jahren konzentrierte sich die Energienachfrage- und Technologiepolitik auf bessere Umwandlungswirkungsgrade von Energiewandlern (z. B. von Kesselanlagen, Dampf- und Gasturbinen, Brennern, Elektro- und Verbrennungsmotoren, Brennstoffzellen oder thermischen Solarsystemen), auf die Reduktion von Wärmeverlusten in Gebäuden, von energieintensiven Prozessen und Querschnittstechnologien (wie z. B. Trockner, Zerkleinern, Öfen, Kälte) in Industrie und sonstigem Gewerbe. In diesen Energieanwendungsbereichen wurden erhebliche Energieeffizienzverbesserungen erzielt, so dass sich bei einzelnen Komponenten und Prozess-Stufen der spezifische Energiebedarf energieintensiver Werkstoffe heute teilweise bis auf 10 bis 20 % dem theoretischen Mindestbedarf genähert hat.

(1166) Das ***Konzept der Nachhaltigen Entwicklung*** und die Notwendigkeit, in allen Energieverbrauchssektoren die CO_2- und andere Treibhausgas-Emissionen langfristig trotz wirtschaftlichen Wachstums erheblich zur reduzieren, rücken nun auch den Materialaspekt und die Frage der weiteren Schließung von Stoffströmen energieintensiver Produkte und Werkstoffe sowie **eine höhere Materialeffizienz und intelligente Materialsubstitutionen** in das Blickfeld energiewirtschaftlicher Analysen (Abbildung 4-63).

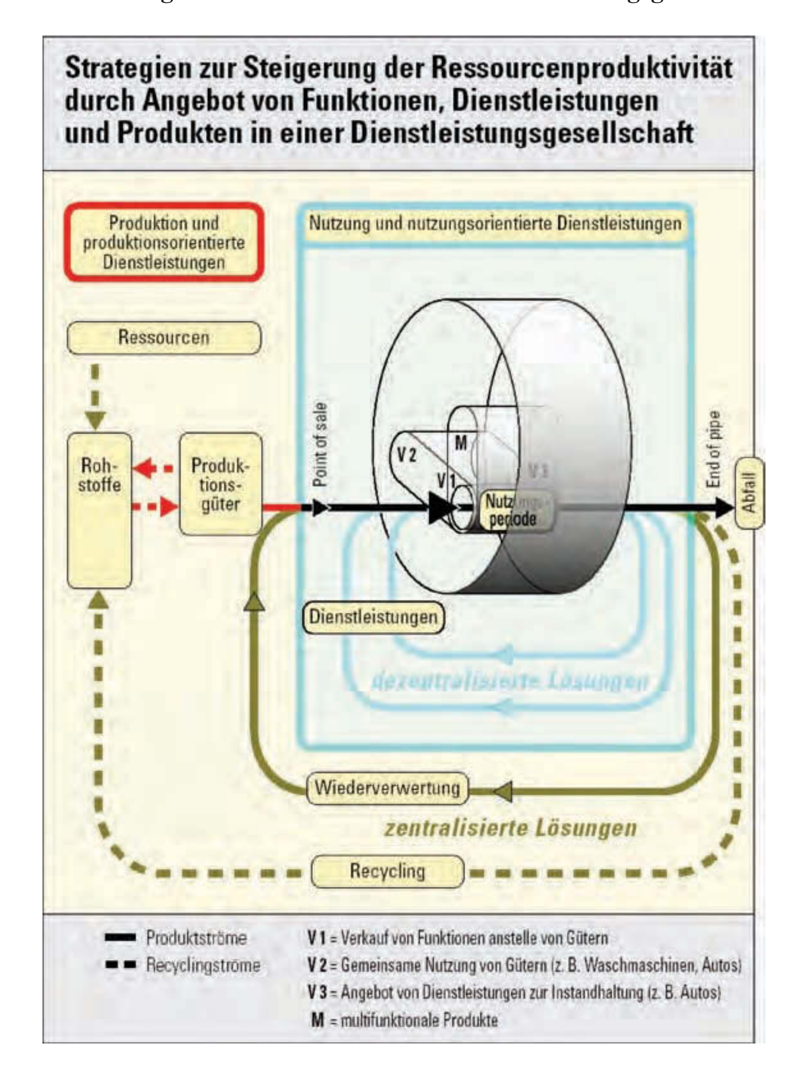
(1167) Denn eine Tonne Stahl oder Aluminium als Energiedienstleistungsnachfrage unterscheidet sich als **Primär- oder Sekundärmaterialnachfrage infolge eines verstärkten Recyclings** hinsichtlich der Energienachfrage und der Emissionen wesentlich (was leider in den Nachhaltigkeitsszenarien dieses Berichtes nicht berücksichtigt wurde); in Analogie zum aktuellen Verständnis der Energiedienstleistung wurde auch das Konzept der **Materialdienstleistung** entwickelt, welches deutlich macht, dass eine gewünschte Produktfunktion oft auch mit **spezifisch geringerem Materialeinsatz** geleistet werden könnte.[309] So sind beispielsweise die Stahlbleche heutiger Pkw oder die Glaswandungen heutiger Hohlglasbehälter deutlich dünner als vor 30 Jahren; sie leisten aber die gleichen Funktionen aufgrund verbesserter Materialeigenschaften und verbesserter Konstruktionen (siehe unten).

(1168) Neben den beiden Aspekten der physischen Effizienz – verstärkte Kreislaufführung und verbesserte Materialdienstleistung – kann in vielen Fällen auch die Nutzungseffizienz der Produkte noch verbessert werden, insbesondere durch **Nutzungsintensivierung,** wie sie im Bereich der kurzzeitigen Vermietung von Baugeräten, Reinigungsgeräten oder Güterstraßenfahrzeugen, des aufkommenden Car-Sharings oder der Lohndienstleistungen bei Erntemaschinen bereits beobachtet werden kann. Die Nutzungsintensivierung durch derartige Dienstleistungskonzepte reduziert den ungenutzten Materialkapitalstock einer Volkswirtschaft und damit den entsprechenden Ma-

[309] Schmidt-Bleek (1994).

Abbildung 4-63

Strategien zur Steigerung der Ressourcenproduktivität durch Angebot von Funktionen, Dienstleistungen und Produkten in einer Dienstleistungsgesellschaft



terial- und Energiebedarf sowie die zugehörigen Treibhausgasemissionen.[310]

(1169) Schließlich ist es möglich, durch Werkstoffsubstitution zu weniger energieintensiven Werkstoffen (einschließlich biogener Werkstoffe) und über Lebensdauerverlängerung von Produkten oder kaskadenförmige Nutzung von Produkten, selbst von Verpackungen, den spezifischen Materialbedarf für eine bestimmte Funktion zu reduzieren.[311]

(1170) Wie diese Gestaltungs- und Wahlmöglichkeiten bei der Erzeugung von energieintensiven Materialien und der Nutzung von Produkten zeigen, sind die Auswirkungen auf einen verminderten Energiebedarf und entsprechende Treibhausgasemissionen unmittelbar einleuchtend. Allerdings gibt es derzeit noch sehr wenige systematische Analysen, die in quantitativen Zahlen über die verbesserte Energieeffizienz – sei es als bereits realisierte Energieeinsparung oder sei es als Energieeinsparpotenzial – dieser fünf o. g. Möglichkeiten berichten. Insofern ist dieses Kapitel ein erster Versuch, das vorhandene energierelevante Wissen zum Thema der Materialeffizienz zusammenzustellen.

4.3.8.1 Ausgangslage und bereits erreichte Energieeffizienzgewinne durch Werkstoffkreisläufe sowie Materialeffizienz und -substitution

(1171) Eine genauere Betrachtung der fünf technischen bzw. organisatorischen Optionen Recycling, Materialeffizienz, Werkstoffsubstitution, Nutzungsintensivierung und Lebensdauerverlängerung eröffnet eine Fülle von Möglichkeiten, mit denen der spezifische Energiebedarf je Dienstleistung, welche die Werkstoffe bzw. die Güter für

[310] Fleig (2000).

[311] Schmidt-Bleek, Tischner (1995).

ihren Nutzer erbringen, reduziert werden könnte. Wenngleich zu diesen Optionen nur wenige quantitative Ergebnisse zu ihrer energiewirtschaftlichen Bedeutung vorliegen, sollen zunächst anhand vorhandener Daten für einige Werkstoffbeispiele diejenigen Energieeinsparungen ausgewiesen werden, die seit den 70er-Jahren durch die o. g. Verbesserungen der Materialnutzung erzielt wurden.

(1172) Eine für die zehn energieintensivsten Werkstoffe durchgeführte Abschätzung zum ***aktuellen Energiebedarf,*** die auch einen hohen absoluten Energiebedarf bei ihrer Herstellung verursachen, ergibt für Deutschland (auf der Basis der Produktion von 1997), dass für ihre Herstellung insgesamt etwa 2 055 PJ Primäräquivalente oder rund 14,5 % des deutschen Primärenergiebedarfs benötigt werden, der für 2000 von der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen mit 14 180 PJ angegeben wird (vgl. Tabelle 4-99). Dabei ist allerdings der Aufwand des Sammelns, Sortierens und der Aufbereitung noch nicht enthalten, andererseits aber die stofflich gebundene Energie (bei Kunststoffen und Bitumen).

(1173) Je nach Produktionsmengen und spezifischem Energiebedarf, der zwischen 2 und 160 GJ/t liegt, benötigen die aufgeführten Werkstoffe eine um zwei Größenordnungen unterschiedliche Energiemenge. Beispielsweise liegt dieser Wert bei Kunststoffen (inkl. Vorprodukte und stofflicher Energie) bei über 800 PJ, bei Blei in Rohform (primär) aber lediglich bei etwa 2 PJ. Neben Kunststoffen weisen vor allem die Herstellung von Rohstahl (inkl. Roheisenerzeugung und inländischen Sinterprodukten) sowie von Papier hohe Energiebedarfswerte auf. Diese Reihenfolge wird ergänzt durch die energieintensiven Massenbauwerkstoffe Bitumen/Asphalt und Zement.

4.3.8.1.1 Verstärktes Recycling energieintensiver Massenwerkstoffe

(1174) ***Sekundärrohstoffe*** haben häufig – inklusive der Recycling- und Transportaufwendungen – einen geringeren spezifischen Energiebedarf als die gleichen aus Primärrohstoffen hergestellten Werkstoffe. Bei seit vielen Jahrzehnten genutzten Werkstoffen hat der Sekundärroh-

Tabelle 4-99

Heutiger Primärenergiebedarf für ausgewählte energieintensive Massenwerkstoffe, Deutschland um 2000

Werkstoffart	Produktionsmenge 1997		Primärnenergie-äquivalente	spezifische PEV-Äquiv.
	Mio. t		1997 in PJ[1]	GJ/t
Rohstahl	Rohstahl:	45,00	ca. 510,00[6]	11,3
	Eisenguss:	1,40		
Aluminium	Primär:	0,361	ca. 59,00	163
	Sekundär:	0,373	ca. 6,00	16,1
Kunststoffe		11,22	ca. 810,00[7]	ca. 72
Zement		33,40	ca. 120,00	3,6
Mauer- und Dachziegel		19,90	ca. 40,00	2,0
Bitumen, Asphalt		3,47	ca. 150,00[8]	43,2
Glas		7,20	ca. 100,00	13,9
Papier und Pappe		15,50[3]	ca. 250,00	16,1
Kupfer[2]		0,544	ca. 8,00	17,7
Blei in Rohform[4]		0,199	ca. 2,00	10,0

1 Strom primärenenergetisch bewertet
2 Primär- und Sekundär – Kupfer.
3 Papierverbrauch 1996 (Rücklaufquote);
4 Primärmaterial
5 inkl. Eigenstrom aus Wasserkraft
6 inkl. Roheisenerzeugung und inländische Sinterprodukte
7 inkl. Vorprodukte (Prozesskette) und stofflich gebundener Energie
8 inkl. stofflich gebundener Energie

Quellen: Statistisches Bundesamt, Umweltbundesamt (1999), Wirtschaftsvereinigung Stahl, Bundesamt für Wirtschaft, Patel u. a., Metallstatistik, Recycling Magazin 8/2000, IKARUS-Datenbank

stoffzyklus bereits heute relativ hohe Einsatzquoten erreicht (z. B. Deutschland: Rohstahl: 42 %, Papier: 60 %, Behälterglas: 81 %). Dagegen werden bei jüngeren Werkstoffen relativ geringe Raten genannt (z. B. Kunststoffe: 16 %; vgl. Tabelle 4-100). Hinzu kommt, dass viele Anlagen zum Trennen und Sortieren von energieintensiven Werkstoffen, insbesondere von post-comsumer-Abfällen, infolge der jungen Technik und relativ kleiner Anlagen energietechnisch bzw. technisch (und kostenseitig) noch nicht optimiert sind.

(1175) Für den Zeitraum von 1975 bis 1995 ergaben Berechnungen für Deutschland, dass der Endenergiebedarf ohne Recycling-Maßnahmen bei ausgewählten Werkstoffen im Jahre 1995 um etwa 235 PJ höher gewesen wäre. Gemessen am gesamten aktuellen Endenergieverbrauch der deutschen Industrie ergäbe sich im Falle des „Null-Recycling“ somit ein um etwa 10 % höherer Wert. Für Westeuropa (EU und Norwegen) liegt der berechnete Wert bei fast 1 060 PJ. Dabei fallen die relativ hohen Werte für Italien und Spanien auf (Eisen/Stahl; vgl. Tabelle 4-101). Etwas geringer war die Bedeutung des Recycling für den Energieverbrauch in Frankreich und Großbritannien. Im Folgenden seien einige Beispiele des verstärkten Recyclings genannt:

– Das *Altpapierrecycling* wird heute bereits in großem Maßstab betrieben. Inzwischen stellt Altpapier bereits den mengenmäßig bedeutsamsten Rohstoff für die Papierproduktion dar. Die Altpapiereinsatzquote, das Verhältnis von Altpapiereinsatz zur Papierproduktion,

Tabelle 4-100

Einsatzquoten von Sekundärmaterialien bei der Produktion heutiger, energieintensiver Massenwerkstoffe in Deutschland

	1974	1980	1990	1995	1997	1999/2000
Energieintensive Konstruktionswerkstoffe						
Rohstahl[1]	28	k. A.	32[6]	38	40	42
Aluminium[2]	32	36	43[6]	42	43	43[4]
Kunststoffe[12]	ca. 0	ca. 0	ca. 1	13	16	20[4, 11]
Energieintensive Massenwerkstoffe						
Zement, Ziegel, Beton[10]	ca. 0	ca. 0	ca. 0	< 10	< 10	< 10
Bitumen als Ausbauasphalt[13]	ca. 0	< 20	50	80	80	80
Sonstige energieintensive Werkstoffe für Verbrauchs- und Investitionsgüter						
Glas[3]	6	20	45	75	79	81[4]
Papier und Pappe[5]	44	42	49[7]	58	59	60
Kupfer[8]				> 50	> 50	> 50
Blei[9]	44	45	54[6]	52	50	55[4]

1 Anteil der Rohstahlerzeugung auf Basis von Stahlschrott
2 Anteil Sekundäraluminium an gesamter Produktion (Output)
3 Verwertungsquote Behälterglas
4 1999
5 Einsatzquote (Altpapierverbrauch in Prozent an der Papier- und Pappeerzeugung; abzüglich AP-Verbrauch für DIP-Stoff-Export)
6 alte Bundesländer
7 gesamte Bundesrepublik
8 Verhältnis der Menge/a an Sekundärkupfer zur gesamten Produktion
9 Anteil Sekundärblei an Erzeugung von raff. Blei,
10 Kiessubstitution, erste Erfahrungen im Hochbau beim Verwaltungsgebäude der DBU 1994
11 Bezogen auf den Inlandsverbrauch
12 Erste große BMBF-Anlage erst ca. 1990; daneben stets Recycling bei Erzeugern und Verarbeitern
13 Erste Wiederverwendung auf Teststrecken 1975 (B6 und A5) durch „Repave-Verfahren“

Quellen: Wirtschaftsvereinigung Stahl, World Bureau of Metal Statistics (2000), Statistisches Bundesamt, BV Glas, Verband Deutscher Papierfabriken, Umweltbundesamt, VDI nachrichten vom 17. November 2000 (Kupfer), Verband Kunststofferzeugende Industrie, Patel u. a. (1999)

liegt heute bei rund 60 %,[312] variiert aber je nach Papiersorte. Während Zeitungsdruckpapier und Verpackungspapiere fast ausschließlich auf der Basis von Altpapier hergestellt werden, liegt die Quote für die übrigen graphischen Papiersorten derzeit bei 18 %. Der verstärkte Einsatz von Altpapier hat in der Vergangenheit in merklichem Umfang zur Einsparung von Energie beigetragen, z. B. zwischen 1970 und 1998 um über 22 PJ oder 10 % der Branche. Der mit dem Recycling verbundene Energiebedarf zur Sammlung und Sortierung des Altpapiers hat relativ zur eingesparten Energiemenge nur eine geringe Bedeutung.[313]

– Das *Aluminiumrecycling* setzte, trotz des jungen Alters des Werkstoffs Aluminium, wegen seines relativ hohen ökonomischen Wertes bereits sehr früh ein. Aus diesem Grund ist der Außenhandel mit Aluminiumschrotten auch relativ hoch. Nachdem, gemessen an der Gesamtproduktion von Aluminium in der Bundesrepublik, der Anteil von Sekundäraluminium zwischen 1970 und 2001 zunächst wegen der dann einsetzenden Primärproduktion von 45 % (1970) auf unter 30 % (1975) sank, stieg er in der Folge wieder auf knapp 50 % (2001) an. Ohne das Alumimium-Recycling wären im Jahre 2001 in Deutschland zusätzlich 33 PJ benötigt worden.

– Bei *Bitumen* wurden 1995 12 Mio. t Ausbauasphalt im Heißmischgut wiederverwendet: Damit wurde gegenüber der Deponierung als Referenzfall etwa 28,7 PJ Primärenergie eingespart. Die Verwendung von weite-

Tabelle 4-101

Die Bedeutung des Recycling energieintensiver Massenwerkstoffe für den Energieverbrauch der EU

Recycling effect 3 (PJ): Recycling as a structural change + part of activity effect („each tonne of recycled material compared to zero recycling contributes to recycling“) between recycling process(es) and primary process(es), or as intensity effect in the case of additives (glass, cement) (1995/zero recycling; final energy)

	1975/1995	**1975/1995**	**1975/1995**	**1975/1995**	**1975/1995**	**1975/1995**	**1975/1995**	**1975/1995**	**1975/1995**
	PJ	**PJ**	**PJ**	**PJ**	**PJ**	**PJ**	**PJ**	**PJ**	**PJ**
	Iron/steel	**Aluminium**	**Copper**	**Zinc**	**Lead**	**Paper/ Board**	**Glass**	**Cement additives**	**Total**
A	– 5,01	– 2,75	– 2,69	– 0,03	– 0,15	– 9,37	– 0,54	– 2,17	– **22,72**
B	– 18,04	0,00	– 11,02	– 0,51	– 0,24	– 2,03	– 0,59	– 4,72	– **37,16**
DK	– 7,02	– 0,74	0,00	0,00	0,00	– 2,50	– 0,32	– 1,18	– **11,77**
FIN	– 7,77	– 1,78	– 0,15	0,00	0,00	– 3,46	– 0,09	– 0,52	– **13, 68**
F	– 70,23	– 13,51	– 2,94	– 0,33	– 1,55	– 27,06	– 3,63	– 11,89	– **131,15**
D	– 108,92	– 22,29	– 18,73	– 0,93	– 1,36	– 55,89	– 7,70	– 19,13	– **234,95**
GR	– 10,08	– 0,48	0,00	0,00	0,00	– 1,90	– 0,10	– 8,32	– **20, 88**
IRL	– 3,33	0,00	0,00	0,00	0,00	– 0,29	– 0,11	– 0,99	– **4,73**
I	– 172,18	– 21,92	– 4,98	– 0,12	– 0,88	– 22,00	– 2,36	– 19,54	– **243,98**
L	– 12,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	– 0,68	– **13,60**
NL	– 2,81	– 10,21	0,00	0,00	– 0,19	– 13,77	– 1,00	– 1.83	– **29,82**
NOR	– 5,40	– 3,83	0,00	0,00	0,00	– 1,60	– 0,11	– 1,05	– **11,98**
P	– 4,12	– 0,16	0,00	0,00	0,00	– 1,95	– 0,32	– 4,67	– **11,22**
E	– 92,82	– 5,69	– 1,73	– 0,25	– 0,53	– 17,48	– 1,21	– 16,37	– **136,07**
S	– 19,51	– 1,22	– 1,22	– 0,01	– 0,48	– 9,28	– 0,32	– 1,46	– **33,50**
UK	– 48,72	– 12,22	– 2,18	– 0,10	– 1,58	– 25,98	– 1,38	– 6,78	– **98,94**
Total	**– 588,90**	**– 96,81**	**– 45,64**	**– 2,27**	**– 6,96**	**– 194,48**	**– 19,79**	**– 101,28**	**– 1 056,13**

Anmerkung: eine negative Zahl bedeutet die Einsparung von Energie

Quelle: Berechnungen des FhG-ISI

[312] VdP (2001).

[313] Giegrich, Detzel (1998).

ren 3 Mio. t im Straßenunterbau führte zu weiteren Einsparungen von 0,5 PJ; die Gesamteinsparungen liegen derzeit bei 29 PJ gegenüber der Deponierung von Abfallbitumen. Die Anwendung des neuen Verfahrens zur Erneuerung einer Straßendecke über Kaltrecycling mit Schaumbitumen vor Ort spart ca. 1,7 GJ/t wiederverwendeten Asphalt ein; die auf diese Weise rezyklierten Mengen sind heute noch gering.

– Durch *Kunststoffrecycling* von ca. 1,5 Mio. t konnten 1995 in Deutschland 14,2 PJ Primärenergie eingespart werden. Vor allem das werkstoffliche Recycling spart Energie ein, wenn das Recyclat die Primärkunststoffe ersetzt und die damit verbundenen Vorketten eingespart werden.[314]

4.3.8.1.2 Substitutionen zwischen den Werkstoffen mit unterschiedlichem spezifischen Energiebedarf

(1176) Häufig besteht ein ***Substitutionspotenzial zwischen verschiedenen Werkstoffen.*** Da der spezifische Energiebedarf der verschiedenen Werkstoffe sehr unterschiedlich sein kann – insbesondere unter Berücksichtigung der Verwendung natürlicher Werk- oder Rohstoffe – eröffnen sich theoretisch erhebliche Energieeinsparpotenziale durch eine Werkstoffsubstitution. Entscheidungen über die Werkstoffwahl und damit über Substitutionsprozesse erfolgen allerdings in erster Linie unter Kostenaspekten, Gesichtspunkten der Werkstoff- und Nutzungseigenschaften sowie Aspekten des Images und bestehender Modetrends. Eine Nachhaltigkeitspolitik müsste diejenigen Substitutionswege bewusst machen und erleichtern, die unter energietechnischen und -wirtschaftlichen sowie Emissions-Gesichtspunkten einen möglichst geringen Gesamtenergiebedarf und geringe Gesamtemissionen aufweisen. Hierzu zählen auch biogene und biotechnologisch herstellbare Werkstoffe und Produkte (z. B. Holz, Flachs, Stärke, natürliche Fette und Öle). Zuweilen geht es auch um eine weitergehende Substitution wie z. B. der Printmedien durch elektronische Medien (s. u.).

– Bekanntes Beispiel ist die Tendenz des Automobilbaus, aus Gründen der Gewichtseinsparung den Anteil an Kunststoffen in den Fahrzeugen zu erhöhen. Während der Anteil an Kunststoffen im Pkw 1974 noch 6 % betrug, erhöhte er sich auf 13 % im Jahr 1995.[315] Die Herstellung von Bauteilen aus Kunststoffen benötigt – inklusive der im Werkstoff gebundenen Energie – einen höheren Primärenergieeinsatz als die von Bauteilen aus Alternativmaterialien wie z. B. Stahl, Aluminium oder Glas. Während der Nutzungsphase des Pkw wird aber durch das geringere Gewicht der Kunststoffbauteile Treibstoff eingespart, so dass der zur Herstellung benötigte höhere Primärenergiebedarf im günstigsten Fall nach etwa 60 000 km kompensiert wird. Damit sparen Kunststoffe während der angenommenen Betriebszeit eines durchschnittlichen Mittelklassefahrzeugs von 10 Jahren bei einem angenommenen mittleren Kraftstoffverbrauch von 9 l/100 km und einer Fahrstrecke von 100 000 km bis 200 000 km mehr Energie ein, als für ihre Herstellung notwendig ist.[316] In einer Hochrechnung wird die jährliche Einsparung des Fahrzeugbestandes in Deutschland mit ca. 17 PJ beziffert, bis 2005 sollen 25 PJ erreicht sein.[317]

– Der Aluminiumanteil im Pkw hat sich in Deutschland von etwa 55 kg/Pkw auf 110 kg im Jahr 1998 verdoppelt. In der Zukunft wird bis 2005 mit einem Anstieg auf 130 kg, bis 2015 auf 200 kg und danach möglicherweise bis auf 300 kg gerechnet. Hier gilt ähnliches wie für die Kunststoffe: Der Primärenergieeinsatz für Aluminium ist höher als für Stahl. Ab welcher Fahrleistung sich der Einsatz des Aluminiums lohnt, hängt von einer Reihe von Faktoren ab. Für 100 kg Gewichtsverringerung beim heutigen Pkw geht der Treibstoffverbrauch um etwa 0,6 l/100 km zurück.

(1177) Recycling wird auch durch unternehmerische Innovationen unterstützt wie z. B. das Contracting von Teppichen durch Teppichhersteller, die ihre Produktion voll auf das Materialrecycling abstellen können.

4.3.8.1.3 Verminderung des spezifischen Werkstoffbedarfs je Werkstoffdienstleistung

(1178) Mehr Werkstoffeffizienz bedeutet auch, den ***spezifischen Werkstoffbedarf*** je Werkstoffdienstleistung durch Veränderung von Eigenschaften des Werkstoffes und konstruktive Änderungen des jeweils betrachteten Produktes zu vermindern, z. B. durch geringeren Materialeinsatz im jeweiligen Endprodukt (z. B. Schäumen von Aluminium bzw. Kunststoffen, Zusätze bei Ziegelprodukten, der Zementherstellung oder bei Beton). Dabei bleiben die Funktionen erhalten, die der Werkstoff jeweils zu leisten hat.

– Die Wanddicke der *Weißblech*-Konservendosen ist seit Anfang der 50er-Jahre von 0,28 mm auf heute 0,12 mm verringert worden. Wog die 0,33 l Getränkedose 1950 noch 83 g, so beträgt ihr Gewicht heute noch 32 g. Auch bei der Einsparung des Zinns der Weißblechdosen reduzierte sich der Zinnbedarf von 6 g Sn/m^2 Weißblech auf heute 2 g Sn/m^2. Bei der heutigen Produktion von Weißblechdosen entspricht dies einer Energieeinsparung von 3 PJ gegenüber 1970.

– Ein erheblicher Materialeffizienzgewinn war z. B. beim *Hohlglas* in den letzten 40 Jahren zu verzeichnen, wo sich das spezifische Gewicht von Hohlglas-Produkten um durchschnittlich 44 % verminderte (z. B. reduzierte sich das Gewicht seit 1970 bei der 0,3 Liter-Bierflasche von 360 g auf 125 g oder bei der Mineralwasserflasche von 570 g auf 295 g. Die wesentliche Gewichtsreduktion wurde in den letzten 15 Jahren aufgrund neuer Technologien wie z. B. die Beschichtungstechnik (Leichtglas) erzielt. Unterstellt man eine durchschnittliche Gewichtsreduktion von 30 % in den letzten 30 Jahren, so errechnet sich daraus ein verminderter Energiebedarf von rund 15 PJ.

[314] Patel u. a. (1999).

[315] VKE (2000).

[316] VKE (2000).

[317] Heyde, Nürrenbach (1999).

– Bei ***Papier*** wurden im Lauf der Zeit die spezifischen Flächengewichte kontinuierlich gesenkt. Das Flächengewicht von Zeitungsdruckpapier betrug Ende der 60er-Jahre rund 52 g/m².[318] Die Entwicklung zu dem heute durchschnittlichen Flächengewicht von 45 g/m²[318] entspricht einer Reduktion des Papierverbrauchs um gut 13 %. Eine ähnliche Entwicklung ist auch bei anderen Papiersorten, die z. B. zur Herstellung von Zeitschriften oder Katalogen verwendet werden, festzustellen. Die Hauptmotivation für diese Effizienzgewinne war die Einsparung von Kosten für Papier sowie Transport- und Portokosten für den Vertrieb von Papierprodukten (Zeitungen, Kataloge). Unterstellt man für die graphischen Papiere insgesamt eine Reduktion des Flächengewichts um 13 % in den letzten 30 Jahren, so bedeutet diese Entwicklung eine Energieeinsparung um 15 PJ (ca. 7 % des Endenergiebedarfs der Papierindustrie).[320]

– Nach Angaben der Aluminiumverpackungsindustrie wurde der spezifische Materialeinsatz bei Al-Verpackungen in den letzten 15 bis 20 Jahren im Durchschnitt um etwa 33 bis 40 % reduziert. Legt man einen Verbrauch von 104 500 t (inländischer Verbrauch für Verpackung 1998)[321] zugrunde, entspricht dies einer Einsparung an Primärenergie von 7,8–10,5 PJ. Zu Einsparungen an Aluminium im Bauwesen und im Transportsektor liegen keine Informationen vor.

(1179) Auch bei den Kunststoffen konnten Effizienzgewinne erzielt werden. So ist im Bereich der Kunststoffverpackungen das Gewicht pro Einheit verpackter Ware um im Mittel 28 % zurückgegangen.[322] Dies ist sowohl auf neue Herstellungs- (Metallocene) als auch Verarbeitungsverfahren der Polymere zurückzuführen. Damit lässt sich eine einhergehende Energieeinsparung von ca. 60 PJ berechnen.

4.3.8.1.4 Nutzungsintensivierung von Gebrauchsgütern

(1180) Schließlich lässt sich durch Intensivierung der Nutzung von Gebrauchsgütern die Materialeffizienz verbessern, falls nicht im gleichen Maße die Lebensdauer der genutzten Güter vermindert wird. „Nacheinander nutzen statt besitzen“ setzt den Nutzenaspekt eines Gebrauchsgutes vor den Eigentumsaspekt. Der Begriff der Parallelwirtschaft (Pooling) beschreibt die Idee, Güter aus einem Pool mehreren Nutzern gleichzeitig bzw. gemeinsam zugänglich zu machen.[323] Bekannte Beispiele für Parallelwirtschaft sind heute das (kurzfristige) Vermieten von Baumaschinen, elektrischen Werkzeugen, Reinigungsmaschinen, Fahrzeugen (darunter das Car-Sharing) und Fahrrädern sowie die Nutzung von Waschsalons oder die gemeinsame Nutzung von Müllfahrzeugen durch mehrere Kommunen bzw. Kreise.

(1181) Der ökologische Nutzen der Parallelwirtschaft durch Mieten und Operating-Leasing liegt in der Verringerung der notwendigen Gütermenge, um die gesellschaftlichen Bedürfnisse zu befriedigen. Darüber hinaus ermöglicht die Nutzung in Parallelwirtschaft einer größeren Konsumentengruppe den Zugang zu ökologisch effizienten Gütern (z. B. 3-Liter-Autos im Car-Sharing, die an den konkreten Mobilitätsbedarf angepasste Größe des Pkws oder die an die konkrete Frachtmenge angepasste Größe eines benötigten Lkws oder hocheffiziente Bau- oder Erntemaschinen). Auch der Rückgang der Kfz-Nutzung durch Car-Sharing oder Lkw-Leasing ist in die ökologische Bewertung dieses Konzeptes mit einzubeziehen, da die Autos nicht jederzeit spontan („für den Brötcheneinkauf“) zur Verfügung stehen und die Logistik durch die jeweilige Lkw-Bestellung besser geplant wird.[324] Grundsätzlich wären auch derartige Nachfrageeffekte in den Nachhaltigkeits-Szenarien dieses Berichtes mit zu berücksichtigen.

– Beispiel Car-Sharing: Im Karlsruher Stadtmobil teilen sich etwa 1 400 Personen 200 Pkw, Kleinbusse und Transits. Unterstellt man, dass einige Teilnehmer sich einen Car-Sharing-Vertrag teilen, d. h. nicht alle 1 400 Mitglieder alternativ einen eigenen Wagen besitzen würden, sondern vielleicht nur 1 000 Personen, dann beträgt das Verhältnis der Nutzungsintensivierung etwa 1 : 5. Die Herstellung von 800 Pkw würde etwa 40 TJ erforderlich machen (einschließlich der energieintensiven Materialien).[325] Bei zwei bis fünf Prozent des deutschen Pkw-Bestandes im Car-Sharing-Betrieb würden 45 bzw. 110 PJ eingespart.

– Die Nutzung nicht an den Bedarf angepasster Wohnungen verursacht vor allem bei Single-Haushalten älterer Menschen eine hohe ungewollte Wohnflächeninanspruchnahme. Erfahrungen von Wohnungstausch-Service-Firmen berichten von einem durchschnittlichen Flächengewinn pro Wohnungstausch von 20 m²;[326] bei 500 Wohnungen entspricht dies einer Energieeinsparung allein bei der Nutzung von 6,5 TJ pro Jahr.

(1182) Den o. g. Aspekten sind folgende Barrieren gegenüberzustellen: Viele Konsumenten, Betriebe und Verwaltungen brauchen die Gewissheit (oder meinen, sie haben zu müssen), jederzeit auf ein Gebrauchsgut zurückgreifen zu können. Für sie bedeutet die gemeinsame Nutzung mit anderen im Privatbereich eine Einschränkung der persönlichen Freiheit oder im Betrieb zusätzliche Kosten für Planung, Bestellung und eventuell Abholung (falls die Geräte oder Fahrzeuge nicht geliefert werden). Zudem ist die Freude bzw. das Image (Firmenwagen) vieler Konsumenten, Betriebe und Verwaltungen am Eigentum von Gebrauchsgütern nicht zu unterschätzen. Die soziale Abgrenzung durch Prestigekonsum und -eigentum spielt eine erhebliche Rolle in der Erklärung des Investitions- und Nutzungsverhaltens. Auch kann die Macht der Gewohnheit und

318 Nordman (1999).
319 Van den Reek (1999).
320 gerechnet mit der derzeitigen Energieintensität der Papierindustrie, einschließlich der Zellstofferzeugung im Ausland.
321 World Bureau of Metal Statistics (2000).
322 vgl. Association of Plastics Manufacturers in Europe: Plastics – Contributing to environmental protection. Veröffentlicht unter http://www.apme.org .
323 Hockerts (1995).
324 Mejkamp (1994).
325 VW (2002) vgl. Volkswagen, http://www.volkswagen-umwelt.de/live .
326 Vogel, Liedtke (1998).

traditioneller Betriebspraxis, bestimmte Gebrauchsgüter zu besitzen, einer Umstellung auf neue Nutzungskonzepte und Pooling entgegenstehen. Schließlich kann eine negative Bewertung durch das soziale Umfeld, welches das Merkmal Eigentum sehr hoch bewertet, eine Umstellung vom Kauf auf Mieten oder Operating-Leasing verhindern.[327]

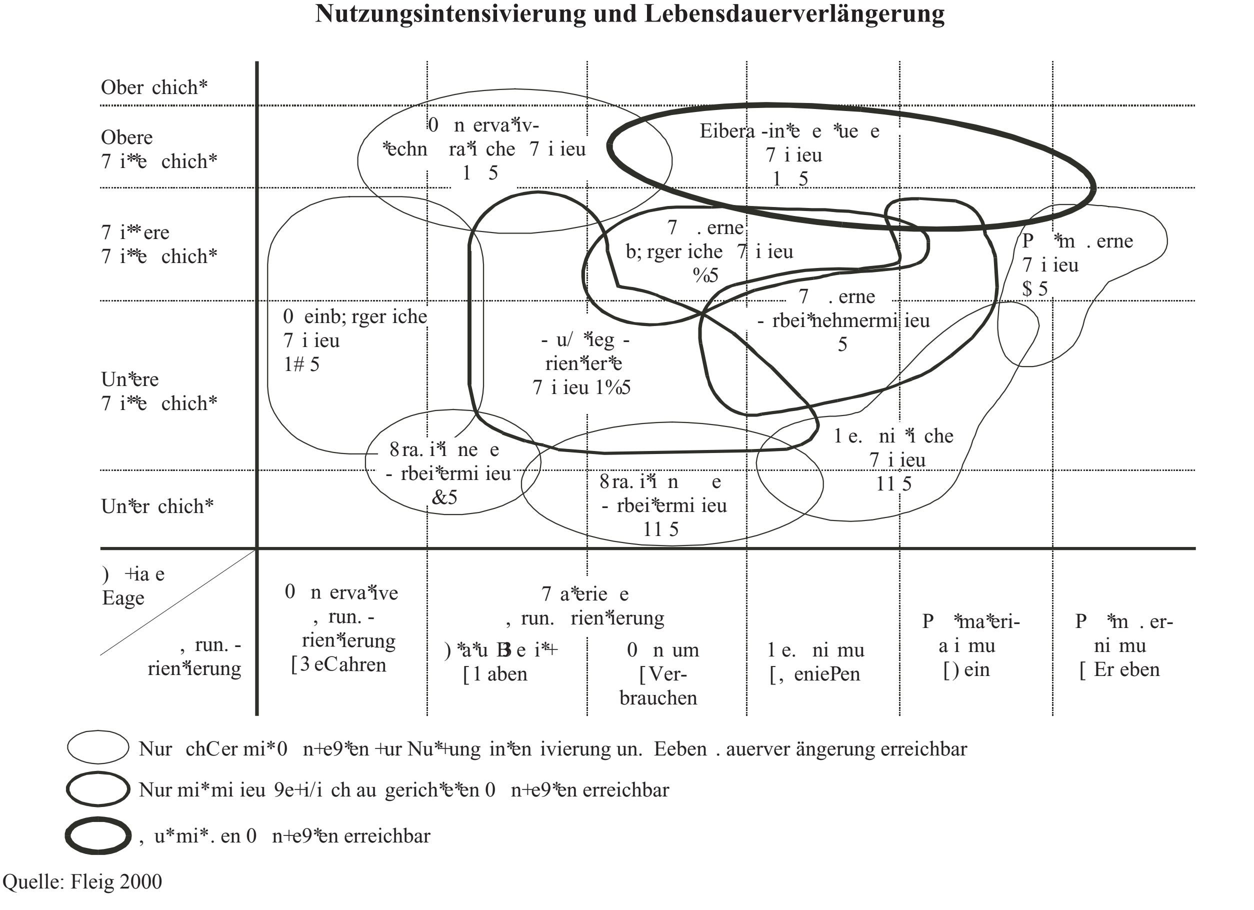
4.3.8.1.5 Lebensdauerverlängerung von materialintensiven Gütern

(1183) In einer zunehmend erlebnis- und hedonistisch orientierten Konsumwelt und einer auf Umsatz, schnellen technischen Fortschritt und zuweilen gezielten Verschleiß bedachten Wirtschaft erscheint die Frage der Lebensdauerverlängerung von Gebrauchs- und Investitionsgütern eine völlig unangemessene Fragestellung. Hinzu kommt die berechtigte Frage, ob die erreichbaren Energieeinsparungen durch eine Produktlebensverlängerung (z. B. eines Kraftfahrzeuges von 12 auf 18 Jahre) nicht mehr als kompensiert wird durch die nicht realisierten Energieeinsparungen infolge einer verspäteten Nutzung höherer Energieeffizienz der nächsten Produktgeneration (z. B. eines 7 l/100 km statt eines 8 l/100 km Pkw).

(1184) Die längere Produktnutzungsdauer erfordert entweder ein technisch hochwertiges Produkt (und damit verbunden höhere Investitionsaufwendungen) und/oder eine höhere Eignung bzw. Bereitschaft des Nutzers zur Pflege, Wartung, Reparatur, Ersatzteilhaltung und Inkaufnahme der Einschätzung seitens Dritter, nicht modern und finanziell liquide zu sein. Während im Investitionsgüterbereich zunehmend mittels Lebenszykluskosten-Analysen die unter Kostengesichtspunkten optimale Nutzungsdauer angestrebt wird (und es einige Spezialmärkte und -Unternehmen wie z. B. Remanufacturing von Werkzeugmaschinen gibt), sind im Gebrauchsgüterbereich der privaten Haushalte der Lebensstil, die Ausbildung und das Einkommensniveau von Bedeutung: eine hohe Resonanz für die Pflege und Reparaturen von zeitlosen und hochwertigen Gebrauchsgüter haben nach Fleig[328] nur etwa 20 % der Bevölkerung (das kleinbürgerliche Milieu und das traditionelle Arbeitermilieu); eine offene Haltung gegenüber der Nutzungsintensivierung und Lebensdauerverlängerung, falls denn entsprechende Angebote gemacht werden, könnte man allenfalls in zwei weiteren Milieus mit knapp 20 % der Bevölkerung finden (modernes Arbeitnehmermilieu und liberal-intellektuelles Milieu, vgl. Abbildung 4-64).

Abbildung 4-64

Soziale Milieus zur Identifikation von privaten Haushalten mit Bereitschaft zur Nutzungsintensivierung und Lebensdauerverlängerung



Quelle: Fleig 2000

[327] Zanger, Drengner, Gaus (1999).

[328] Fleig (2000).

(1185) Der quantitative Einfluss der Lebensdauerverlängerung ist bisher auf den Energiebedarf praktisch nicht untersucht. Immerhin arbeiten etwa 1,5 Mio. Erwerbstätige, d. h. gut 4 % aller Erwerbstätigen, im innerbetrieblichen Reparaturdienst größerer Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes sowie in den Handwerksbereichen Schlossereien, Schreinereien, Glasereien, Elektro (meist im Gebäudebereich).[329] Genauere Angaben, um zu energierelevanten Aussagen zu kommen, gibt es nur für wenige Fallbeispiele des Remanufacturing und einzelner Gebrauchsgüter, woraus sich aber nicht die energiewirtschaftliche Relevanz der Lebensverlängerung als eine verallgemeinerte Aussage ableiten lässt. Auch die Secondhand-Gebrauchtwagen und Flohmärkte sind quantitativ nicht erfasst, um zu energiewirtschaftlichen Schlussfolgerungen zu kommen.

– Bekannteste Beispiele zur Wiederverwertung von komplexen Produkten finden sich im Automobilbau (Motoren, Lkw-Reifen). Auch bei den Zulieferern wird dieses Konzept verfolgt, z. B. bei Bosch. Der Einsatz der Bosch-Austausch-Starter und -Generatoren spart – im Vergleich zu neuen Aggregaten – jährlich etwa 1 800 Tonnen Eisen und Stahl, 450 Tonnen Aluminium und fast 100 Tonnen Kunststoffe. Die jährliche Einsparung an elektrischer Energie beträgt rund 85 GWh.

4.3.8.1.6 Integrale Effekte am Beispiel von Verpackungsmaterialien 1991 bis 2000

(1186) Der Verbrauch von Verpackungen ist zwischen 1991 und 2000 gewichtsmäßig um rund 10 % zurückgegangen (vgl. Tabelle 4-102). Der spezifische, auf das Bruttoinlandsprodukt bezogene Verbrauch hat sich sogar um über 20 % verringert. Dies ist einmal auf eine bessere Werkstoffeffizienz durch geringere Werkstoffdicken zurückzuführen, zudem haben die Verpackungsverordnung von 1991 und die Einführung des Grünen Punktes mit seinen Lizenzentgelten auf Verpackungen auch zu einem materialsparenden Verpackungsdesign geführt.[330] Schließlich ist auch eine Werkstoff-Substitution erkennbar. „Schwere“ Werkstoffe wie Glas und Stahl sowie das energieintensive Aluminium haben überdurchschnittlich verloren, was nicht allein auf effizientere Materialnutzung zurückzuführen sein dürfte.

Tabelle 4-102

Entwicklung des Verpackungsverbrauchs in Deutschland, 1991 bis 2000

	1991	2000[1]	Anteile 2000	Veränderung
	1.000 t	1.000 t	%	%/a
Verpackungsmaterialien, die der Verpackungsverordnung unterliegen				
Glas	4.637	3.690	26	– 2,5
Weißblech	555	430	3	– 2,8
Aluminium	72	52	0	– 3,6
Kunststoff	1.628	1.447	10	– 1,3
Papier, Pappe, Karton	5.395	5.296	38	– 0,2
Verbunde	725	738	5	0,2
Summe	13.012	11.653	83	– 1,2
Sonstige Verpackungsmaterialen				
Feinblech	410	309	2	– 3,10
Holz, Kork	2.184	2.131	15	– 0,3
Sonstige Verpackungen	16	16	0	0
Gesamtsumme	15.622	14.109	100	– 1,1
Bruttoinlandsprodukt[2] in Mrd. Euro	1.712	1.965		1,50
Verpackungsintensität t/Mio. Euro	9,15	7,18		– 2,7

[1] Prognose bei Verpackungsverbrauch bzw. vorläufige Daten beim BIP.

Quellen: UBA (2001), Statistisches Jahrbuch 2001, Eigene Berechnungen

[329] Mikrozensus (1996).

[330] DSD (1996).

4.3.8.2 Übersicht über Technologielinien und Angaben zu spezifischen Reduktionsmöglichkeiten des Energiebedarfs (Zeithorizont 2030)

(1187) Für die fünf o. g. technischen Optionen wurden spezifische Energiebedarfsminderungspotenziale für die kommenden drei Jahrzehnte ermittelt. Dabei muss allerdings bedacht werden, dass in den Nachfrageannahmen für die Werkstofferstellung auch in der Referenzentwicklung der Energiebedarfsnachfrage bereits ein materialtechnischer (autonomer) Fortschritt implizit mitberücksichtigt wurde, der bei den folgenden Überlegungen explizit gemacht wird. ***Erst ein über diesen autonomen Trend der Materialeffizienz hinausgehender technischer Fortschritt wirkt sich somit als weiteres Energiesparpotenzial aus.*** Deshalb muss auch im Folgenden zwischen einer Referenzentwicklung und einer durch Nachhaltigkeitspolitik induzierten Materialnachfrage und Produktnutzungsintensität unterschieden werden.

4.3.8.2.1 Verstärktes Recycling energieintensiver Werkstoffe

(1188) Hierbei geht es insbesondere um Einsicht in die ***Dynamik des „Auf“kommens von genutzten energieintensiven Massenwerkstoffen*** nach Abschluss ihrer Nutzungsphase, was bei Zeitungspapier nach zwei Wochen sein mag, bei Pkw nach 12 bis 15 Jahren und bei Stahlbauschrott oder PVC-Baumaterial nach 30 bis 60 Jahren. Wenn relativ junge Werkstoffe nach der Nutzungsphase anfallen, sind häufig Sortier-, Trenn- und Aufbereitungsverfahren sowie die erforderliche Messtechnik zunächst nicht vorhanden – ganz im Gegensatz zum „alten“ Werkstoff Stahl. Grundsätzlich ist es vorstellbar, dass in einigen Jahrzehnten der Bedarf an Primärmaterial energieintensiver Werkstoffe relativ gering ist gegenüber dem heutigen Bedarf – dem heutigen Inlandsverbrauch – , weil ein erheblicher Anteil im Nutzungs- und Sekundärkreislauf geführt wird und nur jene Mengen an Primärmaterial neu dem Kreislauf zugeführt werden müssen, die sich aus technologischen oder Kostengründen oder wegen Produktnettoexporten nicht wieder in den Kreislauf einbeziehen lassen.

– Beim Werkstoff *Papier* besteht in der Bundesrepublik das größte Wachstumspotenzial für den Altpapiereinsatz bei den graphischen Papiersorten (abgesehen vom Zeitungsdruckpapier). Einzelne Papierwerke stellen heute bereits SC- und LWC-Papiersorten mit einem deutlich höheren Altpapieranteil her als im Durchschnitt üblich.[331] Hier erscheint bis 2030 eine Altpapiereinsatzquote von bis zu 50 % erreichbar.[332] Die ausreichende Akzeptanz von altpapierhaltigen Papierprodukten in Bereichen, die bisher von altpapierfreien oder -armen Papiersorten dominiert werden, stellt dabei einen kritischen Faktor dar. Im Referenzfall könnte bereits eine Einsatzquote von 30 % realisiert werden. Durch eine derartige Steigerung des Altpapierrecyclings gegenüber einer frozen-structure-Entwicklung könnte der Endenergiebedarf in 2030 um rund 23 PJ gesenkt werden. Ein weiter forciertes Recycling bis auf 50 % Altpapiereinsatzquote (im Nachhaltigkeitsfall) wäre gleichbedeutend mit einer weiteren Energieeinsparung von 18 PJ. Dabei wird eine Steigerung der Papierproduktion von 18,2 Mio. t in 2000 auf 31 Mio. t im Referenzszenario und 25,5 Mio. t im Nachhaltigkeitsszenario unterstellt.

– Im Bereich *Stahl* wurde im Rahmen der IKARUS-Projektion bei insgesamt abnehmender Gesamtstahlerzeugung von einer Zunahme der Produktion von Elektrolichtbogenstahl ausgegangen: bis 2005 wird ein Anstieg um 16 % auf knapp 12 Mio. t, bis 2020 ein Zuwachs um mehr als die Hälfte auf knapp 16 Mio. t erwartet. Damit wird also ein bedeutender Wandel in der Stahlerzeugungsstruktur infolge des weiter zunehmenden Stahlschrott-Recyclings erwartet. Hier liegen zugleich recht große Energieeinsparpotenziale, die bis 2030 zwischen 30 bis 60 PJ liegen könnten.

– Wegen der in Zukunft im Inland zurückgehenden Primär-Al-Produktion ist für die Recyclingintensität der Anteil des Verbrauchs von *Sekundäraluminium* am gesamten Aluminiumverbrauch ein geeigneter Indikator (1989: 31,6 % und 1999: 38,3 %). Die sich ergebende Energieeinsparung wird allerdings nicht in Deutschland, sondern vor allem in den Ländern der Primäraluminium-Erzeuger realisiert. Wegen der globalen Auswirkungen des Treibhauseffektes ist eine solche grenzübergreifende Betrachtung dennoch wichtig. Wegen der hohen Zunahme des Aluminiumbedarfs werden zuweilen dynamische Recyclingquoten bevorzugt, die angeben, wie viel eingesetztes Material für einen gegebenen Verwendungszweck zurückkommt. Diese Recyclingquote hängt von der Verweildauer des Produktes beim Endnutzer ab (z. B. Pkw: 95 %, Bauwesen: 85 %, im Verpackungsbereich: 41 %).[333] Unter der Annahme eines Verbrauchsanstiegs (einschließlich der Exporte von Halbfabrikaten) von 2,3 Mio. t in 1998 auf rd. 4 Mio. t im Jahre 2030, würde sich einmal ein weiter steigendes Schrottaufkommen und ein „autonomes“ Ansteigen des Anteils an Sekundäraluminium am Verbrauch von den genannten 38,3 % im Jahr 1999 auf über 50 % im Jahr 2030 ergeben – entsprechend einer (Primär-) Energieeinsparung von gut 70 PJ gegenüber einer konstanten Struktur von heute, die aber zu zwei Dritteln im Ausland und zu etwa einem Drittel im Inland (23 PJ) realisiert würde. Im Nachhaltigkeitsszenario wird angenommen, dass die oben erwähnten dynamischen Recyclingquoten für die verschiedenen Endnutzungsarten noch einmal substantiell gesteigert werden (ohne Zunahme der Exporte an Altschrotten). Dies setzt allerdings auch voraus, dass die anfallenden Schrotte sinnvoll eingesetzt werden können, was derzeit durch die Begrenzung von Sekundäraluminium auf Gusslegierungen nicht immer gegeben ist. Der Anteil von Sekundärmaterial im Verbrauch könnte sich dann noch einmal steigern auf 60 % mit einer Einsparung von 60 PJ (hiervon weitere 20 PJ im Inland).

---

[331] Krauthauf, Stöckler (1999).

[332] Nathani (2002).

[333] Quelle: Aluminiumverband (http://www.aluinfo.de).

– In Bezug auf *Kunststoffe* wird nur etwa ein Drittel des Gesamtaufkommens an Altkunststoffen dem Recycling zugeführt. Dies lässt die Vermutung zu, dass noch ein erheblicher Spielraum besteht, um Wertstoffkreisläufe zu schließen. Hierbei sind Anstrengungen vor allem beim Sammeln und Sortieren der Kunststoffe nötig. Die zukünftigen Entwicklungen in Technik und Wirtschaft werden die Bedeutung des Kunststoffrecyclings wesentlich prägen. Es ist sehr wahrscheinlich, dass die Kosten des Kunststoffrecyclings als Ergebnis der FuE-Bemühungen, weiterer Lernprozesse und der Automatisierung sinken werden. Dies könnte die Akzeptanz des Recyclings von Kunststoffen deutlich erhöhen. In einer Best-Case-Annahme wurde eine Verdreifachung der durch Kunststoffrecycling 1995 eingesparten Energie von 14,2 auf 43,1 PJ für 2005 dargestellt,[334] für die Periode bis 2030 wird die Schätzung auf 30 bis 90 PJ erhöht (inklusive stofflich gebundener Energie).

– Bis 2005 wird sich die Menge des anfallenden Ausbauasphalts nicht nennenswert ändern. Mit weiteren Verfahrensverbesserungen ist sowohl beim Recycling als auch bei der Neuproduktion von Asphalt zu rechnen,[335] so dass die durch die Wiederverwendung von 1 t Ausbaumaterial erzielbaren Einsparungen ebenfalls in der heutigen Größenordnung liegen werden. Sofern eine Recyclingrate von nahe 100 % erreicht wird, sind somit Einsparungen in Höhe von 30 PJ/a zu erwarten. Dies entspricht ca. 15 % der für die Neuproduktion von Asphalt erforderlichen Primärenergie.

4.3.8.2.2 Intensivere Substitution unter den Werkstoffen

(1189) Erste Substitutionen von petrochemisch basierten Verbrauchsstoffen oder Werkstoffen zu biogen basierten Werkstoffen sind in den letzten 20 Jahren aus verschiedenen Gründen realisiert worden. Durch die Fortschritte der Biotechnologie und der Gentechnik ist absehbar, dass sich dieser Prozess beschleunigen könnte. Hierzu liegen noch zu wenig Informationen vor, um eine Schätzung vornehmen zu können. Aber im Bereich der Metalle gibt es einige Beispiele:

– Gemessen am Durchschnitt einer Vielzahl von Mittelklasselimousinen wurde in einer Planungsstudie das Gewicht der Rohkarosserie um 25 % reduziert und wesentliche Strukturwerte wie die Torsions- und Biegesteifigkeit um 80 % bzw. um 52 % verbessert. Verglichen mit aktuellen Fahrzeugkomponenten konnten Gewichtsreduzierungen bei verschiedenen Türkonzepten (Tailored Blanks) bis zu 27 %, bei Motorhauben bis zu 32 %, bei Kofferraumdeckeln bis zu 29 % und bei Heckklappen bis zu 26 % erreicht werden. Die ermittelten Kosten lagen dabei im Vergleich zu den konventionellen Teilen etwa auf dem gleichen Niveau. Auch beim Fahrwerk konnten mit dem Lotus-Unique-System Gewichtseinsparungen von 34 % und Kosteneinsparungen von 22 % erzielt werden. Gewichtsmäßig steht hierbei die Stahllösung den aluminiumintensiven Systemen nicht nach. Zudem sind die Kosten deutlich geringer. Unterstellt man eine Gewichtsreduktion von 15 bis 25 % bis 2030, so ergeben sich Energieeinsparungen allein bei der Herstellung von 5 Mio. Pkw pro Jahr von etwa 30 bis 50 PJ, wobei diese Zahlen genauer bzgl. der Wechselwirkungen mit anderen Effizienzeffekten zu prüfen sein werden. Hinzu kommen bei einer Jahresfahrleistung von 11 000 km ca. 250 bis 500 PJ/a Kraftstoffeinsparungen dieser 5 Mio. Pkw.

– Bisher hat der zunehmende Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien eher zu einer Zunahme des Papierverbrauchs geführt. Bei einigen Papiersorten ist jedoch auch ein Verbrauchsrückgang festzustellen (z. B. für Formulare und Vordrucke). Zukünftig bieten IuK-Technologien jedoch auch ein hohes Potenzial zur Einsparung von Papier, beispielsweise wenn zunehmend
  – elektronisches Dokumentenmanagement die Papierablage verdrängt,
  – über e-mail oder ähnliche Kanäle kommuniziert wird,
  – der Zugang zu Informationen aller Art (Zeitungs-, Zeitschriften- oder Kataloginhalte, Nachschlagewerke) über neue Medien wie CD-ROMs und vor allem das Internet anstatt über papierbasierte Medien erfolgt,
  – die Verdrängung von Anzeigenblättern durch Internet-Marktplätze erfolgt oder
  – die Produktion überzähliger Druckerzeugnisse durch Printing-On-Demand vermieden werden kann.[336]

– Das künftige Umsetzungspotenzial dieser Maßnahmen ist mit hohen Unsicherheiten verbunden. Das Potenzial zur Verringerung des Papierverbrauchs hängt dabei stark von den jeweiligen Papierprodukten und vom Verhalten der Akteure ab. Nach ersten vorläufigen Schätzungen ist für die Bundesrepublik ein gegenüber der Referenzentwicklung um rund 20 % geringerer Verbrauch graphischer Papiersorten (ohne Kopierpapiere) denkbar.[337] Eine Untersuchung des für Westeuropa vorhandenen Potenzials zur Einsparung graphischer Papiersorten, die auch die oben genannten Effizienzmaßnahmen einschließt, nennt einen Schätzwert von 25 %, der bis 2015 realisierbar sei.[338] Bei einigen Druckerzeugnissen (z. B. technischen Handbüchern, Nachschlagewerken oder Verzeichnissen) kann bereits im Referenzszenario von einer Substitutionswirkung in der Größenordnung von 3 % ausgegangen werden, die mit einer Endenergieeinsparung von rund 11 PJ verbunden wäre. Geht man von einem durch geeignete Maßnahmen weiter erschließbaren Substitutionspotenzial von rund 12 % aus, so ließe sich der Energiebedarf um weitere 44 PJ verringern.

---

334 Patel u. a. (1999).

335 Junghänel (1996), Deutscher Asphaltverband (http://www.asphalt.de): Herr Els, persönliche Mitteilung,14.9.1998.

336 Nathani (2002), van den Reek (1999).

337 Nathani (2002).

338 van den Reek (1999).

– Anwendungen im Transportsektor werden als der zukünftige Wachstumsmarkt für *Aluminium* gesehen, ein Bereich, wo der Einsatz von Aluminium aus ökologischer Sicht sinnvoll ist, da hier die Kraftstoffersparnis bei der Fahrzeugnutzung hinzukommt. Im Transportsektor nimmt der Anteil von Aluminium weiter zu. In 20 Jahren wird mit bis zu 200 kg Aluminium im Auto gerechnet. Es ist aber nicht offensichtlich, dass die Substitution von Stahl zu weiteren Einsparungen führt: dies hängt stark von der Konkurrenzentwicklung zwischen beiden Materialien ab und den Fortschritten, den beide beim spezifischen Energieeinsatz von Primär- und Sekundärprozess, beim Anteil an Recyclingmaterial und bei der wechselseitigen Reduktion an Material für den gleichen Einsatz im Auto erzielen können. Zudem können weitere Materialien wie Kunststoffe die Komplexität der Analyse und die Vielfalt der Optionen steigern. Die wirtschaftliche Nutzung der Sekundäraluminium-Gusslegierungen muss insbesondere ergänzt werden durch neue Technologien, die erlauben, andere Legierungen als Gusslegierungen aus Sekundärmetall herzustellen. Unter dieser Annahme könnten bis 2030 Einsparungen von 27 GJ Kraftstoffeinsparung oder 750 l über die Lebenszeit des Autos erzielt werden (150 000 km, 12 Jahre). Gemessen an einer jährlichen Produktion in Deutschland von 5 Mio. Einheiten könnten in der Referenzentwicklung über 120 PJ netto eingespart werden (Zunahme Energieverbrauch NE-Metallsektor, Abnahme Stahlsektor durch Produktionsrückgang, Abnahme Transportsektor). Ein Teil dieser Einsparung wird jedoch bereits in der Referenzentwicklung realisiert, insbesondere dann, wenn ein zusätzlicher Einsatz von 100 kg Aluminium im Pkw in den nächsten 15 bis 20 Jahren tatsächlich erreicht wird, da dies bereits eine Folge der Vereinbarungen zwischen der Europäischen Kommission und den Autoherstellern zur Senkung der CO_2-Emissionen ist.

– Im Nachhaltigkeitsszenario für Aluminium wird angenommen, dass es gelingt, strukturell noch leichtere Materialien einzusetzen. Derzeit wird an noch leichteren Alternativen zum Aluminium auf der Basis des (allerdings noch energieintensiveren) Magnesiums geforscht. Hierzu gehört zum einen die Entwicklung von Hightech-Magnesiumlegierungen für den Einsatz im Transportsektor. Magnesium ist das leichteste metallische Strukturmaterial mit einer Dichte 1,8 g/cm^3 (zum Vergleich Aluminium: 2,7 g/cm^3, Stahl: 7,8 g/cm^3). Zum anderen werden ultra-leichte „superzellulare Metalle“ mit hoher Porosität, geringer apparenter Dichte und ausgezeichneter Fähigkeit, Schocks zu absorbieren, entwickelt. Diese Materialien sind auch mit geringem Aufwand rezyclierbar. Die apparente Dichte von solchen ultra-leichten zellularen Magnesiumlegierungen liegt im Bereich von 0,05g/cm^3. Beim Einsatz solcher leichten Materialien bis 2030 könnte – selbst unter Berücksichtigung der möglicherweise noch einmal deutlich höheren Energieintensität der Grundmaterialien wie Magnesium – der Energieeinsatz unter den übrigen Bedingungen wie beim Referenzszenario um weitere 120 PJ gesenkt werden (Nettoeinsparung).

– In Zukunft wird man in vielen Fällen die biogen erzeugten Werkstoffe mit günstigem spezifischem Gewicht (z. B. Kokosfasern) oder günstigen Eigenschaften (z. B. Flachs als Fasermaterial) anwenden – insbesondere, wenn die Gentechnik spezifische Eigenschaften noch verstärkt.[339]

4.3.8.2.3 Verminderung des spezifischen Werkstoffbedarfs je Werkstoffdienstleistung

– Eine zukünftig effizientere Nutzung von Papier ist in verschiedenen Bereichen möglich. Im Bürobereich sind vor allem die Verringerung von Fehldrucken und die doppelseitige Nutzung des Papiers zu nennen. Letzteres kann durch einen verstärkten Einsatz von Druckern und Kopierern mit Duplexfunktion erreicht werden. Die bisherigen Erfahrungen haben gezeigt, dass der effiziente Umgang mit Papier bisher in den Unternehmen keine hohe Aufmerksamkeit erfährt. Erfahrungen einzelner Unternehmen zeigen jedoch, dass der Papierverbrauch bereits mit organisatorischen Veränderungen deutlich reduziert werden kann. So konnten die British Telecom und AT&T ihren spezifischen Papierverbrauch innerhalb weniger Jahre um 15 % bzw. 30 % senken.[340] Im Rahmen einer 1994 vom WWF in den Niederlanden gestarteten Aktion konnten die beteiligten Unternehmen ihren Papierverbrauch innerhalb eines Jahres um 10 % reduzieren, ohne Investitionen zu tätigen. Weitere Einsparungen des Papierverbrauchs sind durch die weitere Verringerung des spezifischen Flächengewichts erzielbar (z. B. des Kopierpapiers von 80 g/m² auf 70 g/m²). Bereits im Referenzfall lässt sich eine Steigerung der Werkstoffeffizienz um 4 % sicher realisieren. Damit ließen sich rund 15 PJ Endenergie einsparen. Eine weitere Steigerung der Materialeffizienz um 8 % käme einer Verringerung des Energiebedarfs um knapp 30 PJ gleich.

– Auch beim Verpackungsdesign sind weitere Effizienzsteigerungen möglich. Untersuchungen zeigen, dass Unternehmen, die sich dieser Thematik annehmen, in relativ kurzer Zeit spezifische Verringerungen des Verpackungsverbrauchs um 20 bis 30 % erreichen können.[341]

– Ein weiteres Materialeffizienz- und Energieeinsparpotenzial wird bei Flaschen für Softdrinks und manchen Bierflaschenarten gesehen; allerdings ist Leichtglas derzeit noch teurer als die herkömmlichen Hohlgläser. Unterstellt man eine weitere Materialeffizienz um 15 bis 20 % binnen der nächsten 20 bis 30 Jahre, so würde sich der absolute Energiebedarf bei gleichem Hohlglasbedarf um etwa 5 bis 6 PJ vermindern.

– Für Aluminium dürften im Bauwesen und speziell beim sich schnell entwickelnden Einsatz von Aluminium im Transportsektor weitere Materialeffizienzpotenziale bestehen. In den kommenden 30 Jahren wird in

339 CARMEN (2002) mdl. Mitteilung. www.carmen-ev.de.

340 Robins, Roberts (1996).

341 IIED (1995), Abramowitz, Mattoon (1999).

diesen Bereichen mit Materialeinsparungen von 20 % (Referenzszenario) bis 30 % (Nachhaltigkeitsszenario) gerechnet. Unter der Annahme, dass es sich bei einem Drittel des eingesparten Materials um Sekundäraluminium handelt, beträgt die Verringerung des Energieeinsatzes im Referenzszenario 80 PJ bzw. zusätzlich etwa 40 PJ im Nachhaltigkeits-Szenario.

4.3.8.2.4 Nutzungsintensivierung

(1190) Diese technische Option ist heute zweifellos noch wenig untersucht, so dass man in vielen Fällen mit Annahmen die Potenziale schätzen müsste. Beispiele liegen wahrscheinlich vermehrt im Bereich der Massenwerkstoffe bei langfristigen Gebrauchsgütern und bei Wohnungen.

– Bei 10 000 bzw. 25 000 Wohnungswechseln älterer Singlehaushalte pro Jahr ergäbe sich bis 2030 bei einem Flächengewinn von 20 m^2 je Wechsel ein Energieeinsparpotenzial von 3,9 bis 9,7 PJ allein für die nicht benötigte Heizenergie.

(1191) Ein weiteres Beispiel, das Car-Sharing, wurde schon genannt. Allgemein erheben sich bei der Nutzungsintensivierung durch Mieten und Leasing rechtliche Probleme der Gewährleistung und der Behebung von Schäden. Produktbegleitende Informationssysteme, die den Gebrauch des Mietgegenstandes durch den Nutzer aufzeichnen, wären z. T. eine technische Lösung.

4.3.8.2.5 Lebensdauerverlängerung

(1192) Mangelnde Reparaturmöglichkeiten, bewusst einkalkulierter Verschleiß bei Gebrauchsgütern und nicht mehr lieferbare Ersatzteile machen bei vielen Gebrauchsgütern eine längere Nutzungsdauer unmöglich. Auf dieses Problem weisen Verbraucherverbände bei gegebenen Anlässen häufiger hin. Die energiewirtschaftlichen Konsequenzen dieser Strategie auch von Nutzungskaskaden sind heute – mit wenigen Ausnahmen[342] – nicht untersucht. Allerdings sind auch die Lebensstile verschiedener sozialer Milieus nicht auf langlebige Gebrauchsgüter ausgerichtet, wie Sperrmüllsammlungen häufig belegen. Vom Steuerrecht her bedingte Abschreibungszeiträume können die vom Nutzer präferierten Nutzungszeiten beeinflussen, oder sie verleiten zu kurzen Kapitalrücklauferwartungen, die von den langlebigeren Investitionsoptionen wegen etwas höherer Investitionskosten nicht erfüllt werden können, aber wegen ihrer längeren Nutzungszeiten auch nicht erfüllt werden brauchen. Gewiss wird man an langfristige Gebrauchsgüter auch bestimmte Anforderungen stellen müssen, wie z. B. die Austauschbarkeit der Elektronik oder modischen Trends unterliegenden äußeren Gehäusen.

4.3.8.3 Zusammengefasste Energieeffizienzpotenziale

(1193) Wenngleich manche Angaben in Kapitel 4.3.8.2 relativ unsicher sind, werden in diesem Abschnitt die o. g. Energieeinsparpotenziale in der Referenz- und einer Nachhaltigkeitsvariante zusammengefasst. Diese Zusammenstellung, die in vielen Matrixelementen der Tabelle 4-103 keine konkreten Angaben machen kann, gibt eine erste Information, in welchem Ausmaß man in Zukunft aufgrund der vier technischen Optionen in den kommenden drei Jahrzehnten vielleicht mit Energieeinsparungen rechnen könnte. Wegen fehlender Informationen zur Lebensdauerverlängerung wurde dieser Aspekt nicht in die Tabelle aufgenommen. Summiert man die Einsparpotenziale des Referenz-Szenarios auf und gewichtet sie mit dem Faktor 0,9 wegen der gegenseitigen Wechselwirkungen und unterstellt eine Halbierung der Substitutions-/Effizienzeffekte beim Pkw durch Aluminium bzw. weniger Stahlbedarf/a, so ergeben sich Energieeinsparungen in der Größenordnung von 465 PJ, d. h. etwa 5 % des heutigen Endenergiebedarfs. Das zusätzliche Potenzial durch eine bewusste Nachhaltigkeitspolitik liegt in der gleichen Größenordnung. Dies bescheinigt der Materialeffizienz angesichts der wenigen untersuchten Fälle einen merklichen Einfluss auf die Nachfrage nach Energiedienstleistungen, seien es Materialmengen oder Wohnflächen.

(1194) Soweit die bisherigen Erkenntnisse es erlauben, ergeben sich die größten Energieeinsparpotenziale bei der ***Fahrzeugherstellung und -nutzung,*** wobei hier lediglich der Pkw als größter Energieverbraucher im Verkehrsbereich angeschaut wurde. Weitere größere Potenziale haben die ***Papier- sowie Kunststoffbereiche.*** Hinsichtlich der fünf diskutierten Optionen der Materialeffizienz scheint die spezifische Gewichtsreduktion, aber auch die Materialsubstitution von besonderer Bedeutung zu sein, zumal in dem letztgenannten Technologiefeld die biogen erzeugten Materialien, auch infolge noch nicht analysierter gentechnischer und biotechnologischer Fortschritte, noch nicht untersucht wurden. Möglicherweise ist auch der Bereich der ***Nutzungsintensivierung*** wegen der geringen Fallzahl unterschätzt; dagegen mag die häufig genannte Option des Materialrecycling eher begrenzt sein bei vielleicht 300 PJ.

(1195) Zweifellos sind die in Tabelle 4-103 genannten zusammenfassenden Zahlen unvollständig und in ihrer partialanalytischen Darstellung schnell missverständlich, aber die vielen nicht untersuchten Fälle der Matrix zeigen, dass durch neue Materialeigenschaften, durch Materialsubstitution und durch Nutzungsintensivierung (als eine unternehmerische und gesellschaftliche Innovation) erhebliche Energieeffizienzpotenziale in den kommenden drei Jahrzehnten erschließbar erscheinen.

4.3.9 Von Verhalten und Lebensstil abhängige Potenziale einer nachhaltigen Energienutzung[343]

4.3.9.1. Methodische Vorbemerkung und Abgrenzung

(1196) Dieses Kapitel behandelt sowohl das Verhalten bei Kauf- bzw. Investitionsentscheidungen als auch das

[342] Fleig (2000).

[343] Minderheitsvotum des Kommissionsmitglieds der Fraktion der PDS einschließlich des von ihr benannten Sachverständigen Prof. Dr. Jürgen Rochlitz zu Kapitel 4.3.9 siehe am Ende des Kapitels.

Tabelle 4-103

Einfluss von Materialeffizienz und intensivere Produktnutung auf den zukünftigen Energiebedarf bis 2030, Referenz und Nachhaltigkeits-Szenario (Partialanalysen in der Matrix)

	Zusätzliches Energieeinsparpotenzial 2030 in PJ durch									
	Verstärktes Recycling		Geringerer spez. Materialbedarf		Materialsubstitution		Nutzungsintensität		Summe[3]	
Werkstoff/ Produkt-gruppe	**Referenz-szenario**	**Nachhal-tigkeits-szenario**	**Referenz-szenario**	**Nachhal-tigkeits-szenario**	**Referenz-szenario**	**Nachhal-tigkeits-szenario**	**Referenz-szenario**	**Nachhal-tigkeits-szenario**	**Referenz-szenario**	**Nachhal-tigkeits-szenario**
Stahl	30	60							30	60
Aluminium	23	43			100[1]	240[1]			123	283
Kunststoff	30	90			10	20			40	110
Zement/ Beton										
Ziegel										
Bitumen, Asphalt	15	30							15	30
Glas			5	6					5	6
Papier/ Pappe	23	41	15	30	11	55			49	126
Straßenfahr-zeuge – Herstellung – Nutzung			30 250[1]	50 500[1]			45	110	75 250	160 500
Baubereich, Maschinen/ Anlagen			80	120					80	120
Bürogeräte										
Haushalts-geräte										
Wohnungen							4	10	4	10
Summe[3], ge-rundet	121	234	380	706	121	315	49	120	/	/
Gewichtet mit 0,9[1]	109	237	242	435	70	188	45	110	**465[2]**	**970[2]**

[1] bei Aggregation nur zu 50 % berücksichtigt
[2] gerundet
[3] Partialanalysen

Verhalten bei der Nutzung (einschließlich Wartung und Instandhaltung) energieverbrauchender Güter und Dienstleistungen in Relation zu den heutigen bzw. zukünftigen Werten und Lebensstilen der gesellschaftlichen Gruppen. Im Gegensatz zu der in der Literatur häufig eingegrenzten kurzfristigen Perspektive des privaten Endverbrauchers wird also im Zusammenhang mit den Determinanten eines langfristig nachhaltigen Energiesystems „Verhalten“ in diesem Kapitel in zweierlei Hinsicht weiter gefasst:

– Es bezieht sich **erstens** auf energiesparorientierte Entscheidungen und Nutzungsmuster von Individuen und Gruppen in **allen Sektoren und allen energierelevanten Anwendungen.** Insofern wird auch das „Verhalten“ von Akteuren in Unternehmen sowie in staatlichen Einrichtungen einbezogen. Die durch „Verhalten“ bei (Wahl-)Entscheidungen und Nutzung erschließbaren Einsparpotenziale sollten dabei prinzipiell quantifizierbar sein und richtungssicher erschlossen werden können (vgl. Kapitel 4.3.9.2 bis 4.3.9.4).

– Bei einem Zeithorizont von fünf Dekaden, wie er von den Langfristszenarien der Enquete-Kommission abgebildet wird, muss **zweitens** davon ausgegangen werden, dass auch **Konsumpräferenzen, Lebensstile und Wertesysteme** erheblich veränderbar und im Sinne nachhaltiger Verhaltens- und Konsummuster durch Politik, Medien und Werte prägende Gruppen mitgestaltbar und beeinflussbar sind. Grundlegende Veränderungen von Lebensstilen bei substantiellen Anteilen einer Bevölkerung benötigen zwar Jahrzehnte, aber diese Veränderung könnte dennoch ein bedeutender Beitrag dazu sein, dass Energieeffizienz- bzw. Nachhaltigkeitsziele Mitte dieses Jahrhunderts erreicht werden können. Insofern macht es Sinn, das verhaltensbedingte Potenzial **im engeren Sinne** (bei gegebener Präferenzstruktur) von einem Potenzial **in erweitertem Sinne** (Änderung von Lebensstilen und Wertesystemen) zu unterscheiden.

(1197) Für die Entwicklung eines nachhaltigen Energiesystems erscheinen auch jene Verhaltenspotenziale von Bedeutung, die sich auf ***Qualitätsänderungen*** beim Angebot und bei der Nachfrage nach Energiedienstleistungen beziehen, ohne dass damit unmittelbar Energiespareffekte verbunden sein müssten. Dies könnte z. B. der Kauf bzw. die eigenverantwortliche Erzeugung von „grünem“ Strom aus erneuerbaren Energien sein oder das Angebot innovativer umweltverträglicherer Formen der Bereitstellung von Energiedienstleistungen (z. B. Strom aus KWK oder Stromangebote von EVU verbunden mit Energieberatungsleistungen).

(1198) Beobachtungen bei der Nutzung von Holzfeuerungen, solarthermischen und PV-Anlagen oder kleinen Wasserkraftanlagen deuten darauf hin, dass die dezentrale Nutzung von erneuerbaren Energien auch das Verbrauchs- und Energiesparverhalten insoweit positiv beeinflussen kann, als der Umgang mit Energie und ihren möglichen Risiken für Mensch und Natur bewusster erfolgt. Bei solarthermischer Warmwassererzeugung (z. B. Duschverhalten) bzw. bei der Verbrauchssteuerung von Elektrogeräten wird zudem eine solche dem intermittierenden oder saisonal variierenden REG-Angebot angepasste Nachfrage beobachtet.

(1199) In diesem Zusammenhang sind auch die Entscheidungen von Unternehmen oder von Endverbrauchern zu sehen, ***Eigenerzeugungsanlagen*** für die Strom- und Wärmebereitstellung auf Basis erneuerbarer Energien zu errichten, wofür es schon zahlreiche Beispiele gibt. Im Zuge einer zukünftig verstärkten Dezentralisierung der Strom- und Wärmebereitstellung (z. B. durch den Mix der erneuerbaren Energien in Verbindung mit gasbetriebenen Brennstoffzellen und Mikroturbinen) könnten längerfristig auch eine geradezu revolutionäre **kollektive Verhaltensänderung und ein weitreichender Strukturwandel** bei der Energiebereitstellung in Gang gesetzt werden. Denn in einem solchen System werden einerseits die traditionellen Systemgrenzen von Anbietern und Nachfragern von Energiedienstleistungen (z. B. Eigenerzeugung von Wärme und Strom durch Brennstoffzellen) teilweise aufgehoben. Andererseits wird erwartet, dass bei virtuellen Kraftwerken und dezentraleren Netzkonfigurationen (durch Integration vieler dezentraler Erzeuger und Nutzer) eine Energieeinsparung dadurch auftritt, dass Angebot und Nachfrage besser aufeinander abgestimmt werden (vgl. Kapitel 4.3.7.2).[344]

(1200) Insofern sind Verhaltensänderungen zugunsten der verstärkten Nutzung dezentraler und erneuerbarer Energien in vielfacher Weise mit Energiesparverhalten verbunden (und vice versa). Zudem wird die Entscheidung zugunsten meist noch relativ teurer erneuerbarer Energien nicht allein aus ökonomischen, sondern häufig auch aus zusätzlichen Motiven und Konnotationen gespeist (z. B. positive Assoziation von Sonne und Natur, Imagegründe, positive Vorzeige- und Visualisierungseffekte), während diese Faktoren bei der „glanzlosen“ und nicht sichtbaren, sondern nur messbaren Energieeffizienz das Entscheidungs- und Nutzungsverhalten nicht in gleicher Weise bestimmen. Insofern ist bei Analysen über Hemmnisse und energiepolitische Steuerungsmöglichkeiten des Einsparverhaltens von besonderem Interesse, inwiefern das Einsparverhalten von bestimmten Zielgruppen einer spezifischen motivierenden Verstärkung bedarf und besondere Anreizstrukturen sowie positive Rückkopplungen im Rahmen von sozialen Marketing-Kampagnen geschaffen werden können (vgl. auch Kapitel 6.1.7).[345]

(1201) Von daher ist es wichtig, die Analyse des **rein ökonomisch bedingten Investitions- und Verbrauchsverhaltens** durch die Erforschung von weiteren nicht weniger wichtigen sozialpsychologischen und ethischen Determinanten von „Verhalten“ anzureichern. Es gibt z. B. bereits heute Akteure, die aus **außerökonomischen** Gründen (z. B. aus ethischen Motiven wie Gerechtigkeit zwischen heutigen und zukünftigen Generationen) über das wirtschaftliche Einsparpotenzial hinausgehen oder weit mehr erneuerbare Energien einsetzen, als es sich kurzfristig rechnet. Umgekehrt gibt es auch gewinnorientierte Unternehmen, die ohne zusätzliche Motivationsimpulse und verhaltensändernde Randbedingungen auch eigentlich hoch rentable Energieeffizienzmaßnahmen nicht realisieren (sogenannte „gehemmte Potenziale“).[346]

(1202) Insofern sind eine **Typisierung von Milieus** (bei Endverbrauchern) bzw. die empirische Erfassung von **Unternehmenstypologien** (bei KMUs, Großunternehmen oder Verwaltungen) nach unterschiedlichen Innovations- und Energiesparverhalten bei Investitionsentscheidungen und Betriebsalltag ein wichtiger methodischer Schritt für eine zielgruppenorientierte Nachhaltigkeitsstrategie, für deren Realisierung allerdings noch erheblicher Forschungsaufwand im Bereich der sozial-ökologischen Forschung notwendig ist (vgl. auch Kapitel 4.3.2.1).

4.3.9.2. Verhaltensänderung im engeren Sinne

(1203) Als **verhaltensbedingt im engeren Sinne** werden im Folgenden zusätzliche Einspar- bzw. Emissionsminderungspotenziale bezeichnet, wenn es – bei gegebenen Präferenzstrukturen sowie technischen und infrastrukturellen

[344] Feldmann (2001).

[345] Prose, Wortmann (1991), WI u. a. (1998).

[346] WI u. a. (1998).

Voraussetzungen für eine Energieeinsparung (bzw. eine emissionsarme oder -freie Energienutzung) – in der Anschaffungs- und Nutzungsphase allein vom individuellen bzw. akteursgruppenspezifischen Verhalten abhängt, ob sie genutzt werden oder nicht. Diese Potenziale sind prinzipiell quantifizierbar und in einigen Bereichen relativ genau erfasst (vgl. weiter unten). Die Erschließung dieser Potenziale hängt von den folgenden Optionen ab:

– **Kaufphase:** Bei der Auswahl fällt die Entscheidung für die energieeffizientere oder emissionsärmere Technik (z. B. für Beleuchtung, Heizung, Kommunikation, Produktion, Gebäudesanierung oder Mobilität); dies setzt ein vom Durchschnitt abweichendes Kaufverhalten und eine Entscheidung (wegen Einbezuges der Vermeidung sozialer Kosten und/oder wegen besonderer persönlicher Präferenzen) für die nachhaltigere Option voraus.

– **Nutzungsphase:** Die effizientere **Nutzung** vorhandener Geräte, Produktions- oder Nebenanlagen, Fahrzeuge und Produkte (z. B. durch verbrauchsbewusstes Autofahren, Abschalten leerlaufender Maschinen und Anlagen oder sachgemäße Nutzung von geheizten oder gekühlten Gebäuden).

– **Nutzungsäquivalente Wahl von Energiedienstleistungen:** Dabei geht es entweder um eine Verhaltensentscheidung bei gleicher individueller Bedürfnisbefriedigung (z. B. Wahl des energieeffizienteren Verkehrsmittels, der energiesparenden Verpackung oder von Recyclingpapier) oder einen partiellen und bewussten Verzicht auf traditionelle Qualitätsansprüche und/oder Umfang der gewünschten Energiedienstleistungen (wird im Bereich privaten Konsums meist als **„Suffizienz“** bezeichnet; s. u.).

(1204) Wie oben bereits erwähnt, sind die jeweils beim Investitions-, Kauf- und Nutzungsverhalten wirkenden Präferenzen ihrerseits determiniert durch gesellschaftlich vermittelte Wertesysteme und Lebensstile, die über Dekaden betrachtet einem erheblichen Wandel unterliegen können. Dieser ist durch gesellschaftliche Einflüsse gestaltbar und reflektiert die Lernfähigkeit von Gesellschaften, wie es für eine nachhaltige Entwicklung unabdingbar ist. Wenn also der Pro-Kopf-Energiebedarf aus Gründen der Nachhaltigkeit in den Industriestaaten um zwei Drittel bis Mitte des Jahrhunderts gesenkt werden sollte – so die Vision des Schweizer ETH Rates („2 kW-Gesellschaft“) – oder die energiebedingten CO_2-Emissionen um 80 %, dann können die veränderten Wertesysteme und Lebensstile erheblich dazu beitragen, dass technologische Energieeffizienzpotenziale oder solche der erneuerbaren Energien schneller realisiert und die verhaltensbedingten Potenziale umfangreicher genutzt werden. Es macht daher bei Langfristbetrachtung auch keinen Sinn, die verhaltensbedingten Potenziale mit der Annahme heutiger einzelwirtschaftlicher Rentabilität und bei unveränderten Präferenzstrukturen sowie nur mit komparativstatischen Methoden untersuchen zu wollen. Vielmehr ist von besonderem Interesse, inwieweit und durch welche konkreten Rahmenbedingungen sich in einem dynamischen gesellschaftlichen Prozess nachhaltigere Präferenzstrukturen herausbilden können (verhaltensbedingte Potenziale im erweiterten Sinne).

4.3.9.3. Grundlegende Verhaltensänderungen und Fragen der „Suffizienz“

(1205) **Die verhaltensbedingten Potenziale im erweiterten Sinne** entziehen sich zwar weitgehend einer Quantifizierung, sind aber gleichwohl für die Realisierbarkeit von Nachhaltigkeitsstrategien von besonderer Bedeutung. Dies zeigen z. B. Untersuchungen, die der Frage nachgehen, inwieweit Nachhaltigkeits- und Klimaschutzziele in einzelnen Sektoren oder gesamtwirtschaftlich allein durch technische Maßnahmen (REN, KWK/K, REG) erreichbar sind bzw. durch grundlegende Verhaltensänderungen flankiert werden müssen.

(1206) In diesem Zusammenhang wird in der Literatur auch darauf hingewiesen, dass durch Mengen- und Einkommenseffekte („Rebound-Effekte“) spezifische Effizienzsteigerungen und Verhaltensänderungen (z. B. am einzelnen Pkw) in der Summe wieder zunichte gemacht werden können (mehr Fahrzeuge, mehr Personenkilometer, schnelleres Fahren, Kauf größerer Autos). Die Begrenzung solcher nicht zielkongruenten gesamtwirtschaftlichen Mengen- und Einkommenseffekte wird in der Literatur häufig mit dem zur Effizienz komplementär verstandenen Begriff der „Suffizienz“ bezeichnet.[347] Der Suffizienz käme bei diesem Verständnis nur eine Art Kompensationsrolle zu. Szenariengemäß ausgedrückt: Wenn in einer Klimaschutzstrategie zur Erreichung des 80 %-CO_2-Reduktionsziels die technisch-wirtschaftlichen Effizienzpotenziale zur Kompensation der Mengen- und Einkommenseffekte nicht ausreichen, käme der Suffizienz quasi die Rolle zu, die Reduktionslücke zu schließen. „Suffizient“ wäre bei dieser Sichtweise demnach eine kollektive Verhaltensänderung, die die Erreichbarkeit weitreichender Klimaschutzziele durch Werte- und Lebensstilwandel sicherstellt.

(1207) Dieses verkürzte Verständnis von Suffizienz führt jedoch zu Missverständnissen. Wie Abbildung 4-65 zeigt, hängt die Erschließung umfassender CO_2-Emissionspotenziale insofern generell von „Verhaltensänderungen“ ab, weil sich Wahrnehmungsformen, Präferenzstrukturen und gesellschaftliche Akzeptanz längerfristig ändern müssen, damit eine forcierte Klimaschutzpolitik von einer Mehrheit von Bürgern und Akteursgruppen mitgetragen und infolgedessen erst umsetzbar wird. In diesen Zusammenhang gehört auch der technikadäquate Umgang mit Energiespartechniken wie z. B. Niedrigenergie- und Passivhäuser, deren technisch-wirtschaftliches Einsparpotenzial nur dann voll erschlossen wird, wenn das Lüftungsverhalten angemessen ist (vgl. Kapitel 4.3.7.1.6).

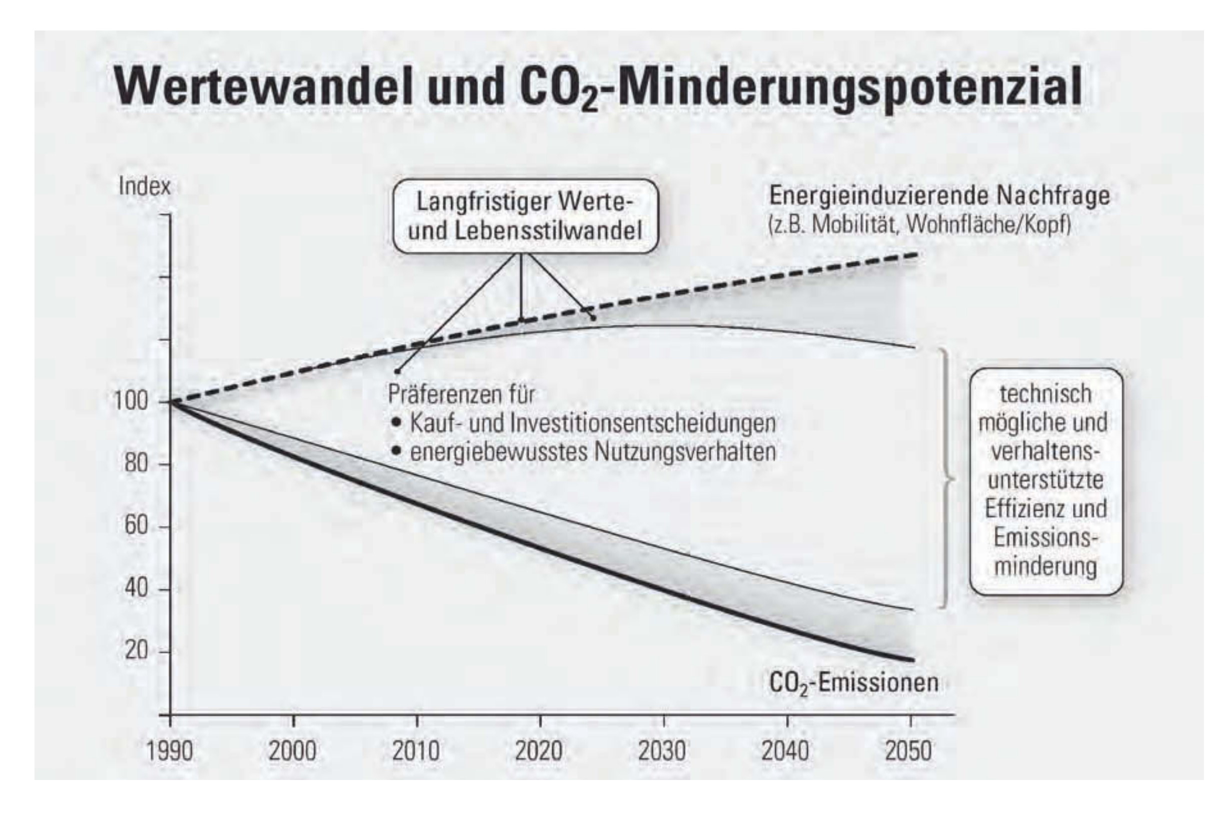
(1208) Zum anderen wird in quantifizierten Szenarienanalysen häufig nur der „Effizienz“ die positive Konnotation des technisch-realistisch Machbaren zugeordnet, während „Suffizienz“ allein mit „Verzicht“ verbunden wird. Diese mit Suffizienz zu Unrecht assoziierten negativen Konnotationen sind nach Auffassung der Enquete-Kommission ein wesentlicher Grund dafür, dass das für eine Nachhaltigkeitsstrategie grundlegende „Suffizienz“-

[347] BUND, Misereor (1995), Pfahl (2001), Linz, Hennicke (2002), vgl. für das Verkehrssystem Linz,. Hennicke.

Abbildung 4-65



Wirkungszusammenhang zwischen Werte- und Lebensstilwandel auf technologische und verhaltensbedingte Emissionsminderungspotenziale



Thema im politischen Raum bisher wenig und vor allem ohne Konsequenzen diskutiert worden ist. Die genannten negativen Konnotationen sind jedoch aus mehreren Gründen – vor allem in dynamischer Hinsicht – fragwürdig:

(1209) Zum einen braucht ein **bewusster Verzicht** von den betreffenden Akteuren innerhalb deren Präferenzstruktur nicht als „Opfer“, sondern kann als eine Bereicherung und Realisierung ihrer Vorstellungen von Nachhaltigkeit und von Lebensqualität empfunden werden (z. B. autofreie Siedlungen, Nutzung des Fahrrads, Verzicht auf repräsentative Gebäude, Fahrzeuge und Produkte). Das gilt insbesondere dann, wenn ein derartiges Verhalten innerhalb einer bestimmten Bezugsgruppe anerkannt und insofern positiv verstärkt wird. Dabei muss auch auf den fließenden Übergang zwischen energiebewusstem Verhalten bei gleicher Bedürfnisbefriedigung und dem Suffizienzverhalten hingewiesen werden – z. B. wenn Konsumenten beim Kauf von Energiesparlampen geschmackliche Ansprüche zurückstellen müssen oder wenn eine benzinsparende Fahrweise mit Unbequemlichkeiten (Schulung, Achtsamkeit und einer etwas späteren Ankunftszeit) verbunden ist.

(1210) Zum anderen kann die Konnotation von „Verzicht“ nicht losgelöst vom **materiellen und sozialen Status** bzw. isoliert von der Eingruppierung in eine soziale Beziehungs- und Konsumhierarchie gesehen werden. Auf weit über dem Durchschnittseinkommen liegende Einkommens- und Vermögensbestandteile kann offensichtlich leichter verzichtet werden, als dies für Familien im Sozialhilfemilieu möglich wäre.

(1211) Darüber hinaus muss zwischen einem heute denkbaren **absoluten** Verzicht (z. B. auf Einkommen und/oder Konsum) bzw. einem individuellen oder gesellschaftlichen Beitrag zur Umverteilung (z. B. zugunsten benachteiligter Bevölkerungsgruppen oder armer Länder) und der **Begrenzung auf einen geringeren Einkommens- und Konsumzuwachs in Zukunft** unterschieden werden. Die in den Szenarien (vgl. Kapitel 5) zu Grunde gelegten ökonomischen, sozialen und energierelevanten Determinanten des langfristigen Energieverbrauchs im Jahr 2050 unterscheiden sich nämlich erheblich von den heutigen Ausgangswerten (Basis 1998); Unterschiede ergeben sich z. B. hinsichtlich des gestiegenen Niveaus des Pro-Kopf-Einkommens, der Pro-Kopf-Wohnfläche und der zurückgelegten Personenkilometer (vgl. Tabelle 4-104).

(1212) Wegen ihrer mangelnden Prognostizierbarkeit und Operationalisierbarkeit wurden in den Szenarienrechnungen der Kommission die verhaltensbedingten Potenziale nicht explizit berücksichtigt. Dennoch erscheint es als wahrscheinlich, dass bei den unterstellten Steigerungsraten des Pro-Kopf-Bruttoinlandsprodukts erhebliche Potenziale von Verhaltensänderungen hinsichtlich des Warenkorbs und der Freizeitgestaltung der privaten Haushalte sowie unternehmerischer Entscheidungen und des Betriebspersonals eröff-

net werden. Derartige Änderungen können bewirkt werden, weil der Grenznutzen von Konsum sinkt und der Konsumzuwachs bei Waren und Dienstleistungen auch an physische und zeitbedingte Sättigungsgrenzen stößt (zumal bei einer schnell alternden Bevölkerung). Möglich ist aber auch, dass langfristig nachhaltig wirkende Entscheidungen auch in der Wirtschaft an Bedeutung gewinnen und die Kapitalströme beeinflussen (wie es sich bereits heute durch den Nachhaltigkeitsindex des Dow Jones abzeichnet). Insofern ist bereits im Trend eine Verstärkung „postmaterialistischer“ Wertorientierungen möglich und es könnte ein gewisses „suffizienteres“ Verhalten bei durchschnittlich wesentlich höheren Pro-Kopf-Einkommen zu einem breiter akzeptierten gesellschaftlichen Standard werden. Einige der in den Szenarien unterstellten verhaltensrelevanten Strukturvariablen zeigt die Tabelle 4-104.

Tabelle 4-104

Vergleich verhaltensrelevanter Strukturvariablen in den Szenarien der Enquete-Kommission

	1998		**2050**	
	Ref.Sz.	**NH2**	**Ref.Sz.**	**NH2**
Reales BIP pro (€/EW)	22 883,38		57 118,46	
Wohnfläche (m^2/EW)	38,5		58,6	
Pkm (MIV)/EW	9 253		11 767	
Pkm (Luftverkehr)/EW	455		934	
Tkm/EW	5 537		13 997	
PEV/Kopf (GJ/EW)	177,1		167,4	99,7

Basisdaten in DM, Umrechnungsfaktor 1.95583

(1213) Einerseits hängt die reale Erreichbarkeit eines um 44 % sinkenden Pro-Kopf-Energieverbrauchs im Szenario NH_2 auch von Verhaltensänderungen ab – allein schon hinsichtlich der Akzeptanz für die unterstellten energiepolitischen Maßnahmen und Instrumente (z. B. steigende Öko-Steuer). Andererseits könnte es eher als zumutbares „Opfer“ angesehen werden, wenn zukünftige Generationen sich insofern „suffizienter“ verhalten, als sie auf einen Teil des **Zuwachses** ihres um den Faktor 2,5 erhöhten Pro-Kopf-Einkommens oder ihrer um den Faktor 2 verdoppelten Flugkilometer verzichten. Diese Aussage schließt allerdings mit ein, dass die damit verbundene Frage der gerechteren Verteilung des Reichtumszuwachses in einer Gesellschaft konsensual gelöst werden kann.

(1214) Ob – und gegebenenfalls wie – ein derartiger freiwilliger und kollektiver Verzicht im demokratischen gesellschaftlichen Konsens erreicht werden kann, ist eine offene Forschungsfrage. Ihre Beantwortung hängt wesentlich davon ab, was in einer zukünftigen Gesellschaft von einer Bevölkerungsmehrheit als „Gutes Leben“ und „Lebensqualität“ in einem umfassenden Sinne verstanden wird und ob sich solche „neuen Wohlstandsmodelle“ (Ernst-Ulrich von Weizsäcker) in einem gesellschaftlichen Suchprozess auch entwickeln können und gefördert werden. Im Sinne von Nachhaltigkeit dürfen solche neuen Produktions- und Konsumstile vor allem auch die Entwicklungsmöglichkeiten der Länder im Süden und zukünftiger Generationen nicht begrenzen.

(1215) Generell lässt sich feststellen, dass die verhaltensbedingten Potenziale im erweiterten Sinne nicht im Selbstlauf erschlossen werden können. Es ist auch eine offene Forschungsfrage, wie quantifizierte Szenarienanalysen mit diesen qualitativen Langfristeffekten eines grundlegenden Wertewandels verbunden werden können. Auch aus diesem Grund lassen sich einzelne Instrumente nicht passgenau an die Erschließung spezifischer verhaltensbedingter Potenziale adressieren, sondern man wird akteurs-, gruppenmilieu- und potenzialbezogen lediglich einen Mix aus Anreiz-, Bildungs- und Motivierungsimpulsen vorschlagen können, der nicht nur an die Politik gerichtet sein wird, sondern auch an die Selbstverwaltungsinstitutionen der Wirtschaft, wertesetzende Institutionen wie die Medien oder religiöse Gemeinschaften sowie die NGO´s.

(1216) Es kann also als Zwischenfazit festgehalten werden, dass **der gesellschaftliche Kontext** für die Motivierung und für die Umsetzung verhaltensbedingter Potenziale von entscheidender Bedeutung ist. Das gilt insbesondere auch für die positiven oder negativen Rückkopplungen von individuellem Verhalten mit gruppen- bzw. gesellschaftsbezogenen Signalen und Anreizen. So können beispielsweise individuelle ressourcenschonende Kauf-, Investitions- und Nutzungsentscheidungen in Konflikt mit einer nur auf quantitatives Wachstum ausgerichteten Wirtschaftspolitik und mit der undifferenzierten Ankurbelung von jeder Form kaufkräftiger Nachfrage stehen. Werden einerseits Nachhaltigkeitsverhalten und vielleicht auch Suffizienzaspekte aus Verantwortung für die Mit-, Um- und Nachwelt gesellschaftlich für wünschenswert erklärt bzw. zum Teil moralisch gefordert, aber andererseits als Widerspruch zum herrschenden Wachstumsparadigma behandelt oder in vielen gesellschaftlichen Bereichen unausgesprochen gelassen, dann fehlt die positive Verstärkung dafür, dass individuelles nachhaltiges Verhalten sich zu einem nennenswerten gesamtgesellschaftlichen Verhaltenspotenzial entfalten kann.

4.3.9.4. Quantifizierte Potenziale

(1217) Die oben erwähnten **Verhaltensoptionen bei Investitions- und Kaufentscheidungen** im engeren Sinne sind eng mit den in den Kapiteln 4.3.1 bis 4.3.8 zusammengefassten Potenzialen und den im Kapitel 6.3.1 diskutierten Hemmnissen verwoben, sollen hier jedoch aus dem individual- und sozialpsychologischen Blickwinkel zusammen mit den **verhaltensbedingten Potenzialen bei der Nutzungsphase** behandelt werden, weil die jeweils

gleichen Werte, Motivationen, Verhaltensmuster und Lebensstile beide Verhaltensbereiche in ähnlicher Weise beeinflussen.

(1218) Veränderte, die Nachhaltigkeit fördernde Motivationsmuster bilden sich insbesondere im sozial-kulturellen und gruppen-spezifischem Umfeld (vgl. Kapitel 4.3.9.1); sie sollen zunächst auch nach den oben genannten Verhaltenssituationen (Kauf-/Investitionsentscheidung, Nutzung und Bedarf nach Energiedienstleistungen) diskutiert werden (vgl. Kapitel 4.3.9.2), bevor sie unter sektoralen oder anwendungsspezifischen Aspekten erläutert und die Einsparpotenziale eines veränderten Verhaltens in der Nutzungsphase geschätzt werden (vgl. Kapitel 4.3.9.3). Auf diesen Informationen aufbauend werden für die Nutzungsphase Maßnahmen diskutiert, um verhaltensbedingte Potenziale erschließen zu können (vgl. Kapitel 4.3.9.4).

(1219) Aus den genannten Gründen ist eine Quantifizierung verhaltensbedingter Potenziale schwierig. Diese Probleme der Quantifizierbarkeit erschweren es, bei politischen und wirtschaftlichen Entscheidungsträgern ein Verständnis dafür zu wecken, dass die verhaltensbedingten Potenziale langfristig **ebenso wichtig** sein können, wie die in Szenarien im Regelfall erfassten technisch-wirtschaftlichen Potenziale. Zum einen wird nämlich verkannt, dass es interessante Potenziale in einigen Bereichen gibt, die prinzipiell einer Quantifizierung und energiepolitischen Steuerung zugänglich sind aber bisher nur von „Pionieren“ und in Einzel-fällen genutzt werden (z. B. Plus-Energie und Passivhäuser oder autofreie Siedlungen). Zum anderen verstellt die unvermeidliche Konzentration auf (Einzel-)Techniken in Szenarienanalysen den Blick dafür, dass die für Szenarienzwecke nicht quantifizierbaren Systemoptimierungen über ganze Prozessketten, durch verändertes Design und Kreislaufführung sowie durch neue Nutzungskonzepte („nutzen statt besitzen“) einerseits eine stark verhaltens- und akzeptanzorientierte Komponente und andererseits ein beeindruckendes Energie- und Ressourceneinsparpotenzial aufweisen (vgl. Kapitel 4.3.8.3). Fehlende „harte Daten“ dürfen daher nicht zum Anlass genommen werden, die verhaltensbedingten Potenziale weniger wichtig zu nehmen. Dies gilt insbesondere mit Blick auf die langfristige Bedeutung von Lerneffekten, die eine unverzichtbare Voraussetzung für dauerhafte Verhaltensänderungen wie auch die Grundlage für technologische Innovationen und Fortschritt darstellen.

(1220) In der Anhörung der Enquete-Kommission zu den verhaltensbedingten Potenzialen wurden vom Öko-Institut Zahlen aus einer gemeinsamen Studie mit der FhG-ISI und der TU München genannt, die in der Tabelle 1-105 zusammengefasst sind.

(1221) Als das theoretische Verhaltenspotenzial wurde dabei die Einsparung an Energie bzw. an Treibhausgasen bezeichnet, die erzielt werden kann, wenn alle untersuchten und denkbaren Verhaltensänderungen vollständig und sofort von allen Akteuren umgesetzt würden. Diese Ergebnisse werden als „Untergrenze des Verhaltenspotenzials“ charakterisiert, wobei davon ausgegangen wird, dass durch autonome Effizienzentwicklung das Verhaltenspotenzial im Zeitablauf abnimmt und dass jährlich etwa 1–4 % des theoretischen Potenzials durch entsprechende Programme und Maßnahmen erschlossen werden können.

(1222) Ein wichtiges – empirisch nur teilweise quantifiziertes – Verhaltenspotenzial liegt bei der **Nutzung von Gebäuden.** Untersuchungen zeigen, dass in Abhängigkeit von Nutzergewohnheiten der Heizenergieverbrauch in baugleichen Gebäuden erheblich (bis zu einem Faktor 3)[348] schwanken kann.

Tabelle 4-105

Verhaltenspotenzial und umsetzbares Verhaltenspotenzial in den Sektoren Private Haushalte und Handel, Gewerbe, Dienstleistungen

	1995	2005	2020	1995	2005	2020
	Mio. t CO_2			v. H.		
Insgesamt						
Verhaltenspotenzial	91	82	71	31 %	31 %	29 %
umsetzbares Verhaltenspotenzial	0	8	19	0 %	3 %	8 %
Haushalte						
Verhaltenspotenzial	64	61	53	32 %	34 %	31 %
umsetzbares Verhaltenspotenzial	0	4	11	0 %	2 %	6 %
Handel, Gewerbe, Dienstleistungen						
Verhaltenspotenzial	27	21	18	28 %	26 %	24 %
umsetzbares Verhaltenspotenzial	0	4	8	0 %	5 %	11 %

[348] Mügge (1993).

(1223) Als verhaltensbedingt sollen hier für **den Verkehr** solche Potenziale für Verhaltensänderungen von Autofahrenden dargestellt werden, die ohne Restriktionen für das Autofahren auskommen und zudem keine großen Investitionen erfordern; Ersteres ist erfahrungsgemäß kaum durchsetzbar, und Zweites wird in den gängigen Verkehrsmodellen – z. B. für die Quantifizierung der Fahrgäste von neuen ÖPNV- oder Bahnlinien – abgebildet.

(1224) Für drei Bereiche liegen empirische Belege zu verhaltensbedingten Minderungspotenzialen vor:

a) energiesparendes Fahren von Kraftfahrzeugen nach Fahrertraining,

b) Public-Awareness (PAW)-Kampagnen und Zielgruppen-Marketing und

c) Car-Sharing-Angebote.

Zu a)

Bei Pkw sind Einsparpotenziale bis ca. 25 % (in einigen Fällen auch darüber) gemessen worden. Im Mittel wird man mit 10 bis 15 % rechnen können, wobei allerdings zwei Einschränkungen hinsichtlich der Datenlage zu machen sind: (1) Die Zahlen beziehen sich meist auf Stadt- und Ballungsrandverkehr, nicht jedoch auf Autobahnen. Dort werden ohne Tempolimits (auf 100 bis 120 km/h) kaum relevante Reduzierungen zu erreichen sein. Die Nachhaltigkeit der Verhaltensänderungen ist noch nicht durch Langzeitbeobachtungen nachgewiesen.

Zu b)

Vom Institut Socialdata (München) sind in den vergangenen 20 Jahren bisher in fast allen deutschen Städten, auch für CEMT in Europa (sowie in Australien) die Erfolge durch systematische Soft-Policies dokumentiert worden. Socialdata hat auf der Basis von über 300 000 Mobilitätsbefragungen zwei Ansätze entwickelt und in einer Reihe von kommunalen Anwendungen demonstriert: PAW-Kampagnen zielen auf die kommunale Öffentlichkeit und erreichen höhere ÖPNV-Nutzungen auf den bestehenden Netzen (als im Vergleich zu Infrastruktur-Maßnahmen preisgünstigen Einstieg in eine ÖPNV-Nachfragesteigerung). Ausgangspunkt ist die Analyse der Verlagerungsmöglichkeiten, die kommuniziert wird – so sind in der Regel nur etwa 25 % der Pkw-Fahrten sachnotwendig an den Pkw gebunden. Bei 50 % der Pkw-Fahrten fehlen den Nutzern Informationen zu dem Umstand, dass der Weg ohne erheblichen Zeitnachteil auch per ÖPNV möglich ist. Als „erheblich" (nach ausführlichen Befragungen festgelegt) gilt für eine Autofahrt von 5 Minuten eine ÖPNV-Reisezeit von 10 Minuten, für eine Autofahrt von z. B. 20 Minuten eine ÖPNV-Fahrt von 35 Minuten Dauer. (Bei den restlichen 25 % der Fahrten liegen weder Info-Defizite noch Sachzwänge vor, aber die Autofahrer lehnen den Umstieg auf den ÖPNV grundsätzlich ab). Per PAW können daher Substitutionsprozesse in der Größenordnung von 5 bis 10 % der Autofahrten erwartet werden.

Das Zielgruppen-Marketing zielt darauf ab, dass Autofahrer einen bestimmten Umfang ihrer Wege nicht mehr per Auto, sondern zu Fuß, mit Rad oder ÖPNV etc. zurücklegen. Die Situation wird analysiert, es werden ergänzende Gründe wie z. B. Gesundheit (Gehen und Radfahren) kommuniziert. Das Konzept ist nicht ganz billig – bei Anwendung auf eine Stadt oder einen Stadtteil von 20 000 Einwohnern entstehen Unkosten von etwa 5 bis 10 Euro pro Einwohner. Die Ergebnisse: 10 bis 12 % der Autofahrten werden reduziert.

Zu c)

Zahlen zu den Auswirkungen von Car-Sharing sind in der weiter unten zitierten Arbeit von Pfahl dokumentiert.[349]

Da diese Arbeit den Zusammenhang von Effizienzpotenzialen und einem quantifizierten Bündel von Suffizienzannahmen erstmalig in einer umfassenden Szenarienanalyse für den Verkehrssektor bis zum Jahr 2050 hochgerechnet hat, werden ihre Ergebnisse in dem Kasten auf Seite 331 kurz zusammengefasst.

Allerdings besteht das Problem, dass die gesellschaftlichen Wertvorstellungen und die vorherrschenden verkehrspolitischen Trends dem bei Pfahl[350] unterstellten Suffizienz-Ansatz derzeit noch in erheblichem Umfange entgegenstehen. Ob durch das unterstellte Instrumentarium – neben der Förderung von Innovationen vor allem eine Erhöhung der Transportpreise – ein derartiges suffizientes Verhalten langfristig erreicht werden kann, ist ein offene Forschungsfrage.

4.3.9.5. Konzeptionelle und kulturelle Aspekte der Energienutzung

(1225) Grundsätzlich ist vorauszuschicken, dass aus systemanalytischer Sicht Energieverbraucher sowohl im Haushalt als auch in Unternehmen letztlich „nur" Energiedienstleistungen (z. B. temperierte Räume, bequeme und schnelle Mobilität, motorische Kraftanwendungen, Kommunikationsdienste, verlässlich und qualitativ hinreichend produzierte Grundstoffe oder Endprodukte bzw. Dienstleistungen) benötigen; in der Wahrnehmung der meisten Energienutzer findet jedoch überwiegend noch „eine Versorgung" mit Energie statt, wobei der Preis pro Kilowattstunde (bzw. pro Kilowatt für die bezogene Leistung) vor allem bei der Wirtschaft ein entscheidender „Verhaltensparameter" ist. Noch zu wenige Energienutzer – vor allem in den Sektoren private Haushalte, Kleinverbrauch und KMUs – realisieren bisher, dass sie ihre **Gesamtkostenrechnung pro Energiedienstleistung** auf Dauer deutlich senken und von Energiepreisrisiken abkoppeln können, wenn sie Energie durch technische Effizienz sowie durch innovatives Management und intelligentere Organisationsformen (also durch anderes „Verhalten") ersetzen. Insofern sind die heute noch vorherrschenden „Energiemärkte", die dadurch geförderte Energiepreisfixierung und der „Wettbewerb um billige Kilowattstunden" ein Hemmnis für energiesparendes Verhalten, da dadurch die Herausbildung eines Marktes für Energiedienstleistungen (also die Intensivierung des Substitutionswettbewerbs zwischen jeder Form von Energie und

[349] Pfahl (2001).

[350] Pfahl (2001).

Kasten 4-12

Effizienz- und Suffizienz-Beiträge zu einer nachhaltigeren Mobilität

Im Allgemeinen zeigen Szenarien, dass vom Verkehrssektor kein proportionaler Beitrag zu den Kioto-Zielen 2008 bis 2012 erbracht wird – auch gegenüber dem für 2020 angestrebten Minderungsziel von 40 %. In allen Quellen fällt der Verkehr anteilig zurück. Unter gegenwärtigen Randbedingungen ist keine Effizienzstrategie in Sicht, welche das für 2020 genannte Ziel im Verkehrssektor sichern könnte. Die für den längerfristigen Einsatz nach 2020 für den Horizont 2050 diskutierten weiteren Effizienzverbesserungen sowie alternative Antriebe haben zwar für eine – zum Beispiel 80 %ige Senkung der CO_2-Emissionen ein theoretisches Potenzial; die dabei ins Auge gefasste regenerative Erzeugung von Wasserstoff ist jedoch mit erheblichen Unwägbarkeiten verbunden.

Unter realistischen Annahmen ist daher nicht zu erwarten, dass durch produktseitige Technikinnovation allein die klimapolitisch angestrebten proportionalen Emissionsentlastungen aus dem Verkehr erreicht werden. Daher werden Innovationen zur Reduzierung des Verkehrsmengenzuwachses und zur Beeinflussung der Verkehrsmittelwahl in Richtung auf emissionsgünstigere Verkehrsträger erforderlich. Diese Strategieansätze werden seit dem Bericht der Enquete-Kommission „Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre“ als „Verkehrsvermeidung“ und „Verkehrsverlagerung“ diskutiert.

In einer jüngst erschienenen Dissertation[351] sind beide Ansätze unter dem Begriff „Suffizienz-Strategie“ beispielhaft im Bereich des personenbezogenen Verkehrs betrachtet worden. Nach einer vertieften Analyse der Verkehrszwecke, der räumlichen Orientierungen und weiterer verkehrsbeeinflussender Faktoren werden plausible Suffizienz-Annahmen zum Beispiel hinsichtlich einer Senkung des Anteiles der Autofahrer am Berufs- und Ausbildungsverkehr, hinsichtlich der durchschnittlichen Wegelängen im MIV, zur durchschnittlichen Entfernung von der Wohnung zu Einkaufsstätten usw. vorgenommen. Für Freizeitfahrten – soweit sie nicht sozialen Kontakten mit Verwandten und Bekannten dienen – sowie für Urlaubsreisen werden ebenfalls Annahmen in Bezug auf eine Reduzierung der Reisefrequenzen und der Reiseweiten angenommen, die zum Beispiel auf ein „Einfrieren“ der Flugreiseintensität je Person auf das Niveau von 1995, also bei 832 km pro Person und Jahr hinausläuft.

Weitere Annahmen in dem Effizienz-Szenario betreffen die Veränderung der Fahrweise von Pkw, insbesondere eine Verringerung der hohen Geschwindigkeitsanteile auf Autobahnen. Zusammen mit einer aus dem Abbau von Geschwindigkeitsdifferenzen im Straßennetz resultierenden Homogenisierung der Fahrtabläufe und durch das Erlernen energiesparender Betriebsweise der Autos wird eine Voraus-Reduzierung um 20 % abgeschätzt.

Die hier nur beispielhaft erwähnten Suffizienz-Beiträge können nach Pfahl[352] gegenüber dem Effizienz-Szenario (mit trendgemäß fortgeschriebenen Verkehrsmengen und Modal-Splits) die Energieverbräuche und CO_2-Emissionen des gesamten Personenverkehrs um mehr als 50 % verringern. Mit dieser integrierten Effizienz- und Suffizienzstrategie wäre dann eine 80 %ige CO_2-Reduktion auch bei den personenbezogenen Verkehren bis 2050 realisierbar.

Gegenüber der Effizienz-Strategie haben die szenariomäßig durchgespielten Suffizienz-Maßnahmen den Vorteil, dass sie – gesellschaftliche Akzeptanz vorausgesetzt – prinzipiell in kürzerer Zeit implementierbar sind als dies mit den Technikinnovationen und strukturellen Veränderungen des Energiesektors für weitgehende Effizienz-Gewinne erforderlich wäre. Maßnahmen wie die Verlagerung von Stadtfahrten auf den ÖPNV, die Verlagerung von Inlandsflügen auf die Bahn, die Verlagerung und Vermeidung von Autowegen im Berufs- und Ausbildungsverkehr, die Reduzierung von Verkehrsleistung im Einkaufs- und Freizeitverkehr, Verringerung der Häufigkeit und der durchschnittlichen Distanzen von Urlaubsreisen, Tempolimits und optimierte Fahrweise sind – theoretisch – kurzfristig realisierbar. Der Autor sieht weitere Ansätze für Suffizienz durch Gewinne zum Beispiel in den Bereichen Siedlungsplanung oder Car-Sharing.

effizienterer Technik, Organisation sowie Verhalten) behindert wird.

(1226) Hinzu kommt, dass der Energiebedarf oder die mögliche Steigerung der Energieeffizienz häufig „low-interest“-Faktoren sind und kein wesentliches Anliegen auf der persönlichen oder unternehmerischen Agenda vieler Akteure darstellen. Insofern stellt sich die Frage nach verhaltensbedingten Energieminderungsmöglichkeiten im Regelfall nur dann, wenn sie durch zusätzliche Motivationsfaktoren und Anreizstrukturen bewusst gemacht werden. Die verschiedenen Motivationen, Wertesysteme und Verhaltensmuster, die bei den Entscheidungen und Verhaltensweisen der „Energieverbraucher“ beobachtet werden kön-

[351] Pfahl (2001).

[352] Pfahl (2001).

nen, stehen in engem Zusammenhang mit seiner sozialen und gesellschaftlichen Umwelt. Im Anschluss an die oben gestellten Fragen sind z. B. die folgenden Determinanten und Faktoren zu berücksichtigen:

– bestehende (und konfligierende) Wertesysteme einer pluralistischen und marktbasierten Gesellschaft,
– widersprüchliche Signale (wahrgenommen oder nicht) zur Ressourcenschonung einerseits und zum ressourcenbelastenden Konsum andererseits,
– Kurzfristorientierung vieler gesellschaftlicher Gruppen und ihrer Entscheidungsregeln versus intergenerativer Gerechtigkeit mit Langfristorientierung,
– gruppenspezifische, tradierte Verhaltensmuster (z. B. statussignalisierender Besitz von Wohnhäusern, Pkw oder Elektrogeräten),
– kulturelle und einkommens- sowie technologiebedingte Verhaltensmuster (Ferien- und Wochenendtourismus, zunehmende Ansprüche an Wohnfläche, Elektrogeräteausstattung, Komfort oder Hygiene).

(1227) Wesentliche individuelle Verhaltensänderungen ereignen sich sowohl an biografischen (z. B. Lebenszyklus, neue Freunde, Berufs- oder Wohnortwechsel, Krisen, Krankheiten) als auch nach gesellschaftlichen Wendepunkten (z. B. Eintritt von Umweltkatastrophen, nachhaltige Änderung der Risikowahrnehmung), aber auch infolge kognitiv aufgenommener Informationen in Verbindung mit persönlicher Betroffenheit. Dabei sind Fragen von Gesundheit und Ernährung den Endverbrauchern naturgemäß wesentlich näher als der Energieverbrauch und seine globalen Wirkungen (wie z. B. der Treibhauseffekt). Dennoch können kollektive Verhaltensveränderungen auch auf regionaler oder nachbarschaftlicher Ebene z. B. durch Mobilisierung des Wir-Gefühls ermöglicht werden (z. B. Agenda 21-Gruppen; Social-Marketing-Kampagnen). Die Enquete-Kommission ist der Auffassung, dass Fragen der Risikowahrnehmung, des gesellschaftlichen und individuellen Lernens und der Steuerbarkeit von dauerhaften Verhaltensänderungen für die Umsetzung einer nachhaltigen Energiestrategie von großer Bedeutung sind und deshalb im Rahmen sozialökologischer Forschungsanalysen aufgegriffen werden sollten.

(1228) Dabei ist zu berücksichtigen, dass – im Sinne der Energiesparförderung – positiven Faktoren auch Gegentrends entgegenstehen können, wie etwa die Individualisierung, die Privatisierung, die Event- und Spaßfixierung und – insbesondere in der Wirtschaft – auch die verschärfte Konkurrenz. Anders formuliert: Ein in Richtung Nachhaltigkeit wirkendes Wir-Gefühl („Wir sind alle Energiesparer“) setzt eine Orientierung am Gemeinwohl und an der Solidarität mit der Mit-, Um- und Nachwelt voraus, die dem derzeitigen „Zeitgeist“ teilweise zuwiderläuft.

(1229) Eine wichtige weitere Forschungsfrage ist daher die, wie eine **Kultur des Gemeinwohls** (Schutz der „Global Commons“, welcher den nachhaltigen Umgang mit Gemeinschaftsgütern umfasst) geschützt und gefördert werden kann. Dazu sind auch Untersuchungen notwendig, um signifikante Veränderungen in den Werthaltungen der Konsumenten wahrzunehmen. Es erscheint z. B. die These plausibel, dass die Wertschätzung einer emotionalen Dekoration des Alltagslebens durch eine erlebnisorientierte Produkt- und Dienstleistungskultur in dem Maße zunimmt, in dem der gesamte Alltag vermehrt von funktionalen Ansprüchen geprägt und zusammengehalten wird.[353] Daher braucht dieser neue Stellenwert von emotionalen Werten zunächst nicht in Widerspruch zu Wertorientierungen zu stehen, die einer intakten Umwelt und Gesundheit einen besonderen Stellenwert einräumen. Insofern ist konkret zu untersuchen, ob und inwiefern eine neue Eventkultur auch umweltbewusstes Handeln fördern kann.

4.3.9.6. Übersicht über Entscheidungssituationen und wesentliche Verhaltensdeterminanten

In privaten Haushalten

(1230) Die Investitions- und Kaufentscheidungen für energienutzende Geräte und Gebäude werden bei privaten Haushalten u. a. von den folgenden Verhaltensdeterminanten beeinflusst:

– mangelnde Beachtung der laufenden Energie-, Reparatur- und Entsorgungskosten im Vergleich zu den Anschaffungskosten,
– keine „Life-cycle-cost“-Analyse, weil Life-style-Gesichtspunkte, die Gruppenakzeptanz und das Prestige bzw. die Anerkennung im Vordergrund stehen (und nicht die Teilrationalität eines Kostenvergleichs) und weil Entscheidungstraditionen in Familien dominant sind,
– tradierte Rollen der Kaufentscheidung werden kaum angetastet (z. B. Männer entscheiden über Hausbau und Erstwagenkauf, Ehefrauen über „Weiße Ware“-Haushaltsgeräte und Zweitautokauf, Handwerker über Haussanierungen),
– Kenntnisse und Ausbildung fehlen – dies wird nicht als ein Mangel empfunden,
– keine bewusste Nachfrage/Suche nach Investitionsalternativen und ihren jeweiligen Kosten,
– Angst, neue unbekannte Risiken auf sich zu nehmen oder aufwändig zwischen Alternativen wählen zu müssen (Zeitverfügbarkeit),
– bestehende Geschäftsbeziehungen und Vertrauen gegenüber dem Verkäufer,
– Delegation des Einkaufs/der Investitionsentscheidung an eine Person/Personengruppe, an dem/der keine Kritik geübt wird oder werden sollte,
– im privaten Bereich entscheiden in hohem Umfang Lebensstile die Kaufentscheidungen, d. h. die Gruppenzugehörigkeit mit ihren Werten und Sanktionen.
– Pkw und Pkw-Nutzung sind besonders prototypische Beispiele des Zusammenwirkens von sozialpsychologischen, ökonomischen und technischen Einflüssen. Obwohl es sich beim Pkw um ein besonders kostenintensives Konsumgut handelt, wird hier das Gesetz der

[353] Eisendle, Miklautz (1992).

Preiselastizität häufig ausgehebelt. Bei der Anschaffung von Pkw ist der Kraftstoffverbrauch in der Regel im Vergleich zum Anschaffungspreis, der Technik, dem Design sowie den sozialpsychologischen Faktoren und Statusfragen sekundär. Die Unterhaltskosten, voran die Kraftstoffkosten, spielen nur insofern eine Rolle, als ein großer Teil der Nutzer lediglich die Treibstoffkosten wirklich beobachtet – etwa beim Vergleich von gefahrenen Pkw-Kilometern zu den Kosten anderer Verkehrsmittel. Wertverlust durch Nutzung, Zinsverluste bei alternativer Anlage, Reparaturkosten, Versicherung und Steuern werden nicht bei den Kostenvergleichen berücksichtigt. Diese Grundhaltung lässt allenfalls kurzfristig wirksame Reaktionen erwarten, wenn Kraftstoffpreise deutlich steigen. Dennoch gilt für Pkw wegen des angesprochenen subjektiven Nebennutzens mehr als für andere energieverbrauchende Produkte und Geräte, dass die Energieeinsparung technisch (durch neue Fahrzeugkonzepte, Antriebe und Treibstoffe) wie auch durch Rahmenbedingungen (z. B. Tempolimit) unterstützt werden muss.

(1231) Generell kann festgestellt werden, dass Energienutzung in hohem Umfang nicht als rein ökonomisch determiniertes Verhalten zu charakterisieren ist, sondern gefühlsbetont erfolgt, nach sozialer Anerkennung suchend und andere Bedürfnisse befriedigend. Folgende Faktoren spielen dabei beispielsweise eine Rolle:

- Alltagsroutine und Bequemlichkeit der Nutzer (Standby; leerlaufende Maschinen etc.),
- Bedienung, Kontrolle, Wartung, Instandhaltung von energieverbrauchenden Anlagen, Maschinen, Geräten und Fahrzeugen als Alltagsverhalten,
- Erlebnis- und Komfortbedürfnis und Unterhaltung sowie das Bedürfnis, die Nutzung des Besitzes zu kommunizieren, stehen im Vordergrund,
- Schlauheit, individuelle Cleverness und persönliche/betriebliche Autonomie können positive Motivationen zur Energieeffizienz sein.

In Institutionen und Wirtschaftsunternehmen (KMUs)

(1232) Die Umsetzung von Effizienzmaßnahmen und entsprechenden Verhaltensänderungen in Unternehmen und Organisationen sind das Ergebnis eines sozialen Prozesses über verschiedene Phasen, der von motivationalen, sozialen und kulturellen Faktoren geprägt ist. Empirische Analysen von unterschiedlichen Zielgruppen zeigen dabei, dass in Unternehmen unterschiedlicher Größe und Energieintensität häufig gleiche Hemmnisstrukturen anzutreffen sind.[354] In der betrieblichen Praxis gewinnorientierter Unternehmen werden deshalb selbst Effizienzmaßnahmen mit hoher Wirtschaftlichkeit oder strategischem Nutzen nicht automatisch in Angriff genommen. Aktivität hängt nicht alleine von der effektiven Wirtschaftlichkeit einer Option, sondern ebenso von der Sensibilisierung, der Kompetenz und dem Engagement der Beteiligten ab.

[354] WI u. a. (1998), TTI (1998), Ramesohl (2001).

(1233) Insbesondere für die Zielgruppe der kleinen und mittleren Unternehmen ist ein wichtiger Grund für unnötigen Energieverbrauch, dass oft **keine regelmäßige und systematische Suche nach Energiesparpotenzialen** stattfindet, weshalb viele Möglichkeiten der rationellen Energienutzung unbeachtet bleiben. Energierelevante Entscheidungen werden dazu eher durch Gewohnheiten und routinemäßiges Handeln als durch gezielte Optimierung bestimmt.

(1234) Die Einleitung von Effizienzmaßnahmen in Organisationen hängt somit in der Regel von **auslösenden Impulsen** ab, welche die Kontinuität der täglichen Routine unterbrechen und Anlass zur Veränderung der gewohnten Abläufe und Strukturen bieten. Beispiele sind Probleme mit der Technik und/oder der Qualität, Personalwechsel, äußere Einflüsse wie Gesetzgebung usw. Die Impulse liefern den Anlass, gezielt nach Handlungsmöglichkeiten zu suchen und konkrete Handlungsideen zu formulieren. Durch plötzlich auftretenden oder sich verschärfenden Handlungsdruck werden dabei Maßnahmen angestoßen, die sonst unberücksichtigt geblieben oder verschoben worden wären.

(1235) Die konkrete Problemwahrnehmung und Aktivierung der Akteure im Unternehmen erfordert **individuelle Handlungsbereitschaft,** die durch ihre intrinsische Motivation gestärkt wird. Die intrinsische Motivation eines Akteurs hängt eng mit seinen individuellen Bedürfnissen, Werten und Einstellungen zusammen, die wiederum maßgeblich durch das soziale Umfeld des Akteurs innerhalb und außerhalb des Betriebs geprägt werden. Es kann hierbei ein **Zusammenhang zwischen der individuellen Motivation, dem innerbetrieblichen Engagement und der allgemeinen gesellschaftlichen Ökologiediskussion** beobachtet werden (z. B. Sensibilisierung durch Mülltrennung im Privathaushalt). Durch die verschiedenen Positionen der Beteiligten als Firmenangehörige/-r, Familienmitglied, Vereinsmitglied, Bürger/-in usw. entsteht eine Rollenpluralität und es kann eine Vermischung von Motivationen und Anreizebenen stattfinden. Viele der für Endverbraucher aufgeführten Verhaltensdeterminanten gelten deshalb auch für die Entscheidungsträger und das Bedienungspersonal von energienutzenden Geräten und Prozessen im Nicht-Haushaltsbereich.

(1236) Dieser Aspekt wird in Forschung und Politik häufig übersehen, spielt aber in der Praxis für die Sensibilisierung und Mobilisierung von Unternehmen und ihren Belegschaften eine wichtige Rolle. Der Stellenwert des Themas Energie und Klimaschutz in der öffentlichen Debatte dient hierbei als wichtiger Orientierungspunkt für die persönliche Motivation und das konkrete Handeln im Betrieb. Industrieunternehmen können nicht losgelöst von ihrem sozialen Umfeld betrachtet werden, was die **Notwendigkeit von umfassenden Zukunftsfähigkeitsdebatten auf allen gesellschaftlichen Ebenen** unterstreicht.

(1237) Das konkrete persönliche Engagement der Beteiligten hängt dazu von dem **organisatorischen Umfeld, den internen Anreizstrukturen und dem Handlungsfreiraum im Betrieb** ab. Eine Rolle spielen hierbei z. B.:

– fehlende Anreize oder Anerkennung der Nutzer, der technischen Aufsicht oder des Wartungspersonals etc. im Falle einer energiebewussten Verhaltensweise,
– fehlende Kenntnisse und Ausbildung für energetisch-technisch richtige Bedienung, Wartung und Instandhaltungsplanung, weil diese nicht gefordert, gesehen oder gewünscht werden,
– Angst vor möglichen Schäden, Risiken oder Beschwerden von Kunden oder Mitarbeitern sowie Angst vor Sanktionen der eigenen sozialen Gruppe bei abweichendem Verhalten.

(1238) Motivierte Akteure brauchen weiterhin das **Gefühl der Handlungsfähigkeit,** bevor tatsächlich Aktionen begonnen werden (Eigenwirksamkeit oder self efficacy). In diesem Zusammenhang ist die **innerbetriebliche Kommunikation und Partizipation** der verschiedenen Akteure ein weiterer Erfolgsfaktor, denn die Realisierung hängt von der Akzeptanz und der Kooperation aller betroffenen Mitarbeitenden ab.

(1239) Mit Blick auf dauerhafte Verhaltensänderungen fördern ein Monitoring und die Dokumentation der Ergebnisse von Effizienzmaßnahmen **positive Lerneffekte** und dadurch die **Weiterführung und eigendynamische Verstetigung von Aktivitäten.** Durch das Feedback der Monitoring- und Evaluationsergebnisse werden die Handlungsbereitschaft der Akteure und das Gefühl von Handlungsfähigkeit – und damit die Ausgangslage für neue Projekte – positiv beeinflusst. Monitoring und Feedback fördern auf der übergeordneten Ebene ein organisatorisches Lernen, das wiederum die Bedingungen für neue Projekte nachhaltig verbessert und die langfristige Dynamik einer „Effizienzkultur“ erzeugt.

(1240) Viele der angesprochenen Verhaltensweisen bei der Energienutzung und ihre quantitative Bedeutung für „unnötigen“ Energiebedarf sind bisher wenig empirisch untersucht worden und sollten daher in das weiter unten angesprochene Forschungsprogramm aufgenommen werden. Dabei ist auch zu fragen, ob Technologieentwicklungen für eine rationelle Energieanwendung an vorhandene Verhaltensmuster angepasst werden müssen (und nicht umgekehrt), um langfristig effiziente Energienutzung sicherzustellen. Empirisch zu klären wäre dabei generell, inwieweit Suffizienzpotenziale bzw. Lerneffekte durch spezifische Infrastrukturen, Technologien und Politiken eher entmutigt als ermutigt werden. Bei diesem weitgehend unerforschten Feld spielen z.B. die folgenden – positiven wie negativen – Faktoren eine Rolle:

– das Design „fehlerverzeihender“ Technik (ein „Fehlverhalten“ durch gedankenlosen Energieverbrauch wird durch technische Konstruktionsmerkmale verhindert – Beispiel: Stand-by-Verbrauch),
– der „Zwang“ zum Neukauf von eigentlich noch reparaturfähigen Produkten oder zum Kauf von technisch unnötig hochgerüsteten Produkten und Geräten (z. B. Hi-Fi-Geräte),
– die Schwierigkeit, als nur scheinbar „souveräner“ Konsument auf die Struktur des Energieangebots oder auf Systeminnovationen zur Energieeinsparung Einfluss zu nehmen,
– „Negativbotschaften“ durch die öffentliche Hand und mangelnde Vorbildfunktion bei Beschaffung, Gebäuden und Fahrzeugen,
– Verzicht auf steuernde Leitplanken für eine nachhaltigere Mobilität bzw. effizientere Siedlungs- und Stadtentwicklung (z. B. Förderung des Baus von Eigenheimen; keine Geschwindigkeitsbegrenzung auf Autobahnen),
– fehlende Transparenz von Energieverbrauchsdaten in Produktionsanlagen aufgrund unzureichendem Einsatz von Zwischenzählern trotz kostengünstiger Messtechnik.

4.3.9.7. Wahl der Energiedienstleistung nach Art und Niveau – Zusammenwirken von Suffizienz und Effizienz

(1241) Suffizienz im engeren Sinne ist der die Energieeinsparung steigernde Verzicht auf Teile der Qualität bzw. des Zusatznutzens oder des Umfangs einer Energiedienstleistung (EDL). Das Ausschalten der Heizung in nicht benutzten Räumen bedeutet den Verzicht auf sofortige Verfügbarkeit von Wärme, nicht mehr. Die Wahl eines mit Bahn statt Auto oder Fernflug erreichbaren Urlaubsziels bedeutet keineswegs den Verzicht auf Urlaub; Erdbeeren nur in der Saison zu essen heißt nicht auf Erdbeeren generell zu verzichten. Im Regelfall ist also durch Suffizienz das Grundziel der Befriedigung von Bedürfnissen durch EDL nicht gefährdet, sondern es wird nur ein Mehr an Komfort oder an Umfang (Menge, Häufigkeit) begrenzt, und zwar ein Mehr, das vom Standpunkt der Befriedigung von Grundbedürfnissen her als verzichtbar erscheint.

(1242) Ein Problem entsteht dann, wenn dieses Mehr an Qualität oder Umfang als unentbehrlicher Luxus empfunden wird, d. h. zum Beispiel als Komfort oder als Bestandteil eines gehobenen Lebensstils, der normative Kraft erlangt hat, weil „man“ ihn als erstrebens- oder erhaltenswert empfindet. Dieses Empfinden ist nur dann durch bewusste Verhaltensänderung revidierbar, wenn Menschen erkennen, dass der Verzicht auf einen begrenzten Zusatznutzen keinen Verlust von Lebensqualität bedeuten muss. Denn die Bewertungen für verschiedene Formen des Lebensstandards sind oft sehr subjektiv. Denkbar ist auch, dass Suffizienz sozusagen als kontrafaktische Haltung gegenüber herrschenden Moden und Normen ein eigenständiges Potenzial entfaltet und dadurch auch neue gesellschaftliche Trends und „Suchbewegungen“ nach einem erfüllteren Leben (z. B. mit weniger Konsum) begründen kann. Auch besonders anerkannte Personen des öffentlichen Lebens und der Medien können als „Pionierkonsumenten“ wirken. Das gleiche gilt für Betriebe und Institutionen, die in glaubwürdiger Form dem Leitziel der Nachhaltigkeit folgen.

(1243) Für einige sektoral gewählte Beispiele soll nachfolgend veranschaulicht werden, dass ein bestimmter Bedarf an Energiedienstleistungen gestaltbar und begrenzbar ist und Suffizienz auch eine Frage der Wahrnehmung bzw. sozial vermittelter Konsumerwartungen ist.

– Private Haushalte (allein stehende ältere Person in einer großen, früher für Mehrpersonenhaushalt gewählten Wohnung, Wahl des Verkehrsmittels für Kurzstrecken, Bedarf einer Stand-by-Schaltung, Lüftungs- und Duschgewohnheiten, Kleidungsgewohnheiten im Winter- und Sommerhalbjahr),
– Kommunen, Länder und Bund (Wahl und Ausstattung der Gebäude, Wahl und Ausstattung des eigenen Fahrzeugparks, Beleuchtung öffentlicher Straßen und Plätze nach Intensität und Nachtzeiten, Installation und zeitlicher Betrieb von Verkehrsampeln),
– Unternehmen in Industrie, Gewerbe, Handel und privaten Dienstleistungen (Wahl und Ausstattung der Gebäude und Fahrzeuge, Gestaltung der innerbetrieblichen und außerbetrieblichen Logistik).

4.3.9.8. Forschungsprogramm zur Schnittstelle von Effizienz und Suffizienz

(1244) Generell muss betont werden, dass die Analyse verhaltensbedingter Potenziale (in dem hier erweiterten Sinne) für die Realisierungsbedingungen nachhaltiger Energiesysteme von herausragender Bedeutung ist. Fragen der Technik sowie der Wirtschaftlichkeit und Wettbewerbsfähigkeit sind bei der Energienutzung schon immer in einen größeren gesellschaftlichen Kontext (z. B. Versorgungssicherheit, Risiken, Macht, Umwelt) eingebettet gewesen. Dieser Kontext gewinnt im Rahmen eines gesellschaftlich erwünschten evolutionären Strukturwandels in Zukunft eine noch größere Bedeutung. Der szenariengestützte „Nachweis“ der technisch-wirtschaftlichen Machbarkeit eines nachhaltigen Energiesystems kann daher für die tatsächliche Realisierbarkeit und die gesellschaftliche Akzeptanz einer Nachhaltigkeitsstrategie nur wichtige Denkanstöße und Sachinformationen liefern.

(1245) Obwohl diese begrenzte Aussagefähigkeit quantifizierter Szenarien der Enquete-Kommission bewusst ist, hält sie diese Analyseebene gleichwohl als Grundlage für die politische Entscheidungsfindung in Langfristfragen für wesentlich. Sie ist allerdings der Auffassung, dass das dabei durchgängig technische Verständnis von Innovation und Effizienz in einem interdisziplinären Ansatz auf seinen gesellschaftlichen Kontext, seine sozioökonomischen Implikationen und auf seine gesellschaftlichen Realisierungsbedingungen hinterfragt werden muss. Dabei spielt die Präzisierung verhaltensbedingter Potenziale, die Analyse ihrer gesellschaftlichen Steuerbarkeit und die hieraus ableitbaren Empfehlungen an die Politik und andere gesellschaftlich relevante Gruppen eine entscheidende Rolle.

(1246) Die Enquete-Kommission hält es daher für notwendig, **ein interdisziplinäres Forschungsprogramm** aufzulegen, in dem die Schnittstelle zwischen Effizienz und Suffizienz zum Thema gemacht wird (vgl. auch Kapitel 4.3.4 und 4.3.7).

4.3.9.9 Exkurs

(1247) Im nachfolgenden Exkurs werden zur Veranschaulichung der Thematik stichwortartig einige Stellungnahmen aus der Anhörung „Verhaltensbedingte Energieeinsparpotenziale“ der Enquete-Kommission am 20. November 2001 zusammengefasst. In den Statements der Experten (Namen in Klammern) wurden die hier allgemein diskutierten Umsetzungsprobleme und verhaltensändernden Maßnahmen weiter differenziert und konkretisiert:

4.3.9.9.1. Umsetzungsprobleme

Sozialpsychologische Umsetzungsprobleme

– Informationsvermittlung ist nicht der wichtigste Aspekt verhaltensrelevanten Lernens. Kampagnen, die allein auf Verhaltensänderungen durch Einsicht des Verbrauchers setzen, sind dadurch wenig effektiv. Deshalb liegt der Prozentsatz derer, die sich konsequent umweltfreundlich verhalten, immer noch bei nur 10–15 % (Prof. Dr. Lothar Schneider).
– An erster Stelle der Verhaltenssteuerung steht das soziale Umfeld. Nur 20 % der Haushalte und 35 % der Unternehmen sind nicht vorgeprägt, sondern wägen Entscheidungen tatsächlich neu ab und modifizieren sie. Auf kognitivem Wege sind also nur die oberen 25 % zu erreichen, z. T. die im Mittelfeld und selten die unteren 25 %. Die Einflussnahme auf die Menschen muss daher differenziert werden, um Reaktionen im gewünschten Sinne hervorzubringen (Prof. Dr. Lothar Schneider).
– Energiesparen ist mit einem negativen Image verbunden, denn die Industriekultur ist durch Verschwendung der als freie Güter betrachteten naturgegebenen Ressourcen geprägt (Prof. Dr. Gerhard Scherhorn).
– An die Verbraucher ergehen widersprüchliche Botschaften (double bind): Auf der einen Seite wird über die Notwendigkeit des Energiesparens informiert. Auf der anderen Seite senden die Meinungsführer – sowohl Werbung und Produktangebot als auch z. B. Regierung und Bundestag mit ihrem Fuhrpark – dauernde Aufforderungen zur Verschwendung (Prof. Dr. Gerhard Scherhorn). Außerdem wurde bemängelt, dass die ökologischen Standards, die in Bonn im Bundestag mühsam durchgesetzt worden seien, den Umzug nach Berlin nicht überdauert hätten.
– Negativsignale der Umweltpolitik: z. B. Umweltskandale, die aufgedeckt werden, unterminieren eine bereitwillige Beteiligung der Bürger an Sparmaßnahmen; oder: Getrennter Müll wird hinterher auf der Deponie wieder zusammengeworfen (Prof. Dr. Gerhard Scherhorn).

Umsetzungsprobleme im Gebäudebereich

(1248) Im Gebäudebereich bestehen einige besondere Umsetzungsprobleme, die dazu geführt haben, dass in den vergangenen 10 Jahren der Energieverbrauch in diesem Bereich nicht abgenommen, sondern zugenommen hat:

– Eine zusätzliche Wohnungsnachfrage um 10 % pro Kopf, die durch Neubau gedeckt wird (Prof. Manfred Kleemann).
– Der schlechte Zustand des Altbaubestandes. Dort sind enorme Einsparpotenziale nachgewiesen, die aber auch

bei Sanierungen gegenwärtig nicht ausgeschöpft werden. Dadurch werden pro Jahr bis zu 1 Mio. t CO_2-Reduktion verschenkt (Prof. Manfred Kleemann).

– Die verhaltensbedingten Einsparpotenziale, die im Bereich der Raumwärme 30-mal so hoch sind wie im Bereich der Beleuchtung. Es wird kritisiert, dass sich Projekte im Bereich der Verhaltensänderung zu stark mit den Segmenten beschäftigen, in denen die Potenziale für eine Einsparung nicht so hoch sind (Prof. Manfred Kleemann).

– Sanierungsinvestitionen im energetischen Sektor werden von Verantwortlichen privater Haushalte subjektiv als nicht nötig empfunden, zumindest nicht sofort (Prof. Dr. Lothar Schneider).

– Die Nicht-Vernetztheit der Handwerker als Berater, und mehr noch die Unterlassung von Beratung wenigstens in ihrem Handwerksbereich (z. B. Hinweis auf eine mögliche Außenwandsanierung vor einem Neuanstrich) (Prof. Dr. Lothar Schneider).

– Viele Haushalte haben Energiesparlampen und glauben, dadurch bereits wesentlich am Energiesparen teilzunehmen. Wenn solche Maßnahmen einseitig propagiert werden, können sie ein Alibi sein, genug getan zu haben (Prof. Dr. Lothar Schneider).

– Oft ist dem Verbraucher gar nicht bewusst, wie viel Energie er verbraucht, da Zähler nicht sichtbar angebracht sind. Somit wird eine Schärfung des Bewusstseins für energierelevante Verhaltensweisen erschwert oder verhindert (Prof. Dr. Lothar Schneider).

Umsetzungsprobleme im Verkehrsbereich

Für die Fahrer hat energiesparendes Verhalten nicht die höchste Priorität, sondern eine schnelle Zielerreichung (Dipl.-Ing. Axel Riemann).

– Das Verkehrsmittel kann täglich neu gewählt werden, d. h. es wird nicht unveränderlich eine Entscheidung zugunsten der umweltfreundlicheren Variante gewählt, die dann langfristig beibehalten wird, wie z. B. bei der Entscheidung für eine verbesserte Wärmedämmung (Dipl.-Ing. Axel Riemann).

– Durch die Tendenz zu gleitenden Arbeitszeiten wird die Bildung von Fahrgemeinschaften erschwert (Dipl.-Ing. Axel Riemann).

4.3.9.9.2 Maßnahmen

Lebensstiländerung

– Umweltfreundliche Verhaltensweisen werden häufig nur dann aufgegriffen, wenn sie in bestehende Lebensstile integrierbar sind. Realistisch ist also nicht, **den ganzen Menschen** ändern zu wollen. Daher braucht es pragmatische Alternativen im Konsum-, Mobilitäts- und Wohnbereich, für deren Erfüllung die Bürger ihre Einstellungen, Wünsche und Verhaltensformen nicht grundlegend ändern müssen.

– Rückbildung der Freizeitmobilität an den Wohnort.

– Angebote an stilgerechten, nachhaltigen Wohnformen, etwa attraktive Holzbauweisen und Niedrigstenergiekonzepte.

– Andere Wohnformen und Produkte, etwa Produkte mit klassischem Design und hoher Lebensdauer, die lange attraktiv und haltbar sind (Prof. Dr. Lothar Schneider).

– Motivierende Leitbilder, die statt hohem nur einen geringen Stoffumsatz erfordern, so z. B. Gemeinschaftlichkeit, soziale und räumliche Nähe, Heimat, bewusstes und mehr nach innen gerichtetes Leben bei gleichzeitiger Vernetzung mit dem Internet (Dr. Klaus Wortmann).

– Vernetzung sozial innovativer Projekte (Prof. Dr. Lothar Schneider).

– Entwerfen jeweils eigener Spezialprodukte für verschiedene Lebensstilgruppen, z. B. teurer Ökostrom für umweltbewusste Lebensstile mit Photovoltaikgarantie und Energiesparrezepte für das häuslich-sparsame Milieu oder Kinder als Energiespardetektive. So könnte Energiesparen „chic“ werden.

– Instrumente wie Auszeichnungen und Belobigungen für Zielgruppen und Unternehmen (Dr. Bettina Brohmann).

– Kollektive Verhaltensänderungen durch eine Mobilisierung des Wir-Gefühls; dies kann z. B. für eine kommunale Klimaschutzkampagne genutzt werden (Prof. Dr. Gerhard Scherhorn).

– Die Energieeinsparung darf nicht primäres Ziel der Kommunikation sein, sondern es sollten andere Wege genutzt werden, um Energie einzusparen, z. B. Trends wie Radfahren oder die stärkere Unterstützung innovativer Techniken. Beispielhaft: Der Erfolg einer Stand-by-Kampagne der Energiestiftung Schleswig-Holstein, die das Thema „Energie sparen“ überhaupt nicht in den Mittelpunkt stellte (Dr. Klaus Wortmann).

– Einbauen von Kampagneneffekten in Selbstverpflichtungen seitens der Energiewirtschaft (wird dort schon diskutiert) (Dr. Klaus Wortmann).

– Effizienteres Nutzen der bestehenden Beratungsinstitutionen als Kommunikationskanäle für energiesparendes Verhalten (z. B. Energieagenturen) (Dipl.-Ing. Stephan Ramesohl).

– Entwicklung hin zu Suffizienz: Dies bedeutet den Verzicht auf bestimmte Energiedienstleistungen (z. B. elektrische Wäschetrocknung, Mobilität per Automobil) oder eine Einschränkung ihres Umfangs (z. B. Absenkung der Raumtemperatur, Beleuchtung nur wo notwendig, im Winter nur die angemessene Beheizung von tatsächlich bewohnten Räumen, weniger Fleischkonsum).

– Einflussnahme gemäß der Rangordnung der Verbräuche, also eher auf die Raumtemperatur bzw. Wärmedämmung als auf die Beleuchtung.

– Im Bereich der Raumwärme eine Reduktion der Luftwechselrate sowie eine geringere Raumtemperatur (Dr. Bettina Brohmann).

– Im Bereich der Gebäude bestehen künftig außer der Wärmedämmung noch weitere Potenziale durch intelligente Steuerungssysteme, die auf Basis moderner

Kommunikations- und Informationstechnologien eine intelligente Regelungstechnik betreiben. Diese können individuelle Verhaltensprofile aufnehmen und einarbeiten (Prof. Manfred Kleemann).

Maßnahmen hinsichtlich der individuellen Mobilität

- Anzeige des laufenden Kraftstoffverbrauchs im Fahrzeug in Abhängigkeit von der Fahrweise.
- Verzahnung von Verhalten und Technik. Beispiel: Die Heizung der Heckscheiben stellt sich nach einigen Minuten automatisch ab und kann so nicht mehr vom Fahrer vergessen werden. Zentral ist dabei, dass mit Technik Verhalten unterstützt und transparent gemacht wird, so dass der Mensch sich daran erinnern kann, was er gerade getan hat (Dipl.-Ing. Axel Riemann).
- Problematisch im Bereich des Autofahrens: Gefahr des Alibihandelns – Der geregelte Katalysator rechtfertigt scheinbar den schweren Wagen mit hohem Treibstoffverbrauch.
- Unterschiedlich eingeschätzt werden die Potenziale von Car-Sharing als Möglichkeit für Suffizienz: Scherhorn spricht davon, dass Car-Sharing das Pionier-Segment hinter sich gelassen habe und sich die Teilnahme nun in dem Maße ausbreite, in dem das Angebot den Bedürfnissen der Nutzer entgegenkomme. Wortmann betont hingegen, dass Car-Sharing sich zwar etabliert habe, allerdings insgesamt kein gesellschaftlicher Trend in diese Richtung gehe.
- Künftig eventuell Ersatz von Reisen zu Kongressen und Expertenanhörungen durch Videokonferenzen in lebensechter Qualität.
- Schüler, die das in Klasse 10 vorgesehene Betriebspraktikum in Arbeitsstätten im Umweltbereich absolvieren sollen, als Multiplikatoren für energiesparendes Verhalten (Prof. Dr. Lothar Schneider).

Staatliche Rahmenbedingungen und Information

- Oftmals bewirkt schon die Ankündigung einer Regelung von Seiten des Staates, dass die betroffene Wirtschaft von sich aus Verbesserungen anbietet (Prof. Dr. Lothar Schneider).
- Feste Einsparziele, da sie die Glaubwürdigkeit von Selbstverpflichtungen erhöhen (Prof. Dr. Gerhard Scherhorn).
- Staatliche Zwänge mit Abgasnormen für Heizkessel, die Verhaltensänderungen im Bereich der Altbausanierung bewirken.
- Sichtbare Entscheidungshilfen für Hauseigentümer. Dort müssten verschiedene Dämmbereiche in der Reihenfolge ihrer Wirkung für die Verbesserung des Wärmeschutzes und die CO_2-Reduktion und ihren Kosten im Verhältnis zur Heizkostenersparnis aufgeführt werden.
- Sichtbar machen der Effekte des Handelns der privaten Haushalte. Dazu gehören Messgeräte für den Energieverbrauch an Geräten, Wasseruhren je Haushalt, Elektroverbrauch je Monat und ähnliches mit gut sichtbarem Display (Prof. Dr. Lothar Schneider).
- Schaffen von Messzahlen für ökologisch erlaubten Verbrauch.
- Beibehaltung der Ökosteuer auf umweltschädliche Produkte, so dass umweltfreundliche Produkte bis hin zu einzelnen alternativen Energien konkurrenzfähig werden. Auch wo Energie in der Bilanz gar nicht als Kostenfaktor auftauche, habe die Ökosteuer die Wirkung, überhaupt auf Energie als möglichen Einsparfaktor aufmerksam zu machen (Dipl.-Ing. Stephan Ramesohl).
- Stärkere Einflussnahme des Staates in Form von Schutzvorschriften und Kontrollen, um die Informiertheit der Verbraucher zu erhöhen. Eindeutige Umweltzeichen müssten die gegenwärtig herrschende Inflation von Zeichen ersetzen. Dazu bräuchte es auch Vorschriften bezüglich der Glaubwürdigkeit von Umweltbegriffen in der Werbung, wie z. B. „biologisch“, „ökologisch“, „naturrein“ etc. (Prof. Dr. Lothar Schneider).
- Stufenweiser Umstieg auf die Förderung des organischen Landbaus hin zu einer Förderung der biologischen Landwirtschaft, evtl. verbunden mit Regionalisierung (Prof. Dr. Lothar Schneider).
- Ausweitung von Angeboten wie dem „Schönes-Wochenende-Ticket“, um flächendeckend die Leute in die Züge zu holen.

4.3.9.9.3 Beiträge seitens der Wirtschaft

(1249) Auch wenn die Anreizstrukturen und Rahmenbedingungen positiv gestaltet werden (und als eine der Voraussetzungen dafür!), muss die Wirtschaft die ökologische Wende wollen, weil sie zumindest langfristig für eine Mehrheit auch einzelwirtschaftlich attraktiv ist und Veränderungen bei Produkten und Produktionsprozessen einführen. Dies kann z. B. bedeuten:

- Maschinen und Prozesse, die
  - sparsam im Energie- und Materialverbrauch sind,
  - reparabel durch Komponentenbauweise und
  - recycelbar.
- Förderung nachwachsender Rohstoffe und regionaler Zulieferungen.
- Ausweiten des Angebots ökologischer Produkte.
- Vorzug regionaler Anbieter (etwa bei Lebensmitteln).
- Veränderungen im Service.
- Reparaturdienst zu finanziellen Sonderkonditionen.
- Bringservice von Bestellungen, um Verkehrsleistungen zu vermindern (Prof. Dr. Lothar Schneider).
- Bereich des Stand-by: Umkehrung der Technik, so dass das Stand-by extra eingeschaltet werden müsste. Dies würde den Nutzer entlasten und müsste von Seiten der Industrie angeboten werden (Prof. Dr. Lothar Schneider).
- Die Energieversorgungsunternehmen sollten alternative Energien stärker fördern als bisher (Prof. Dr. Lothar Schneider).

– Selbstverpflichtungen und Branchenvereinbarungen seitens gesellschaftlicher Gruppen und Großorganisationen wie z. B. Kirchen und Wirtschaftskreise wie Handwerk, Handel und Verbände (Prof. Dr. Lothar Schneider).
– Regionalisierung von Umweltpolitik und Landwirtschaft (Prof. Dr. Lothar Schneider).
– Zügige und umfassende Einführung von Energie- und Umweltmanagementsystemen in allen Unternehmen z. B. als Kernpunkt von Selbstverpflichtungen der Industrie, dazu gezielte Aktionen – auch im Rahmen von Selbstverpflichtungen denkbar – zur Erschließung von Querschnittstechnologien wie z. B. Druckluft, effiziente Antriebe, Wärmeerzeuger und Industriekessel usw.
– Unternehmen sollen den Nutzen von Energiesparplänen für Werbezwecke entdecken, der dann vom Prospekt auch auf die Unternehmenskultur durchschlagen soll (Dipl.-Ing. Stephan Ramesohl).
– Verbesserte Informiertheit auf Seiten von Architekten, Planern und Handwerkern, um Einsparpotenziale überhaupt erkennen zu können (Prof. Dr. Lothar Schneider).

Sondervotum zu Kapitel 4.3.9

Minderheitsvotum des Kommissionsmitglieds der Fraktion der PDS einschließlich des von ihr benannten Sachverständigen Prof. Dr. Jürgen Rochlitz

Sehr ausführlich und umfassend werden die Grundlagen der Reduktionspotentiale durch geändertes Verhalten diskutiert. Doch bedauerlicherweise hat die Mehrheit der Kommission die strategische Bedeutung der verhaltensbedingten Potenziale nicht erkannt. Die Möglichkeiten, mit Hilfe einer Suffizienz-Strategie als Ergänzung zur Effizienzstrategie, eine Senkung von Treibhausgasemissionen und auch noch weiter gehende Schritte zur Entwicklung von Nachhaltigkeit zu erreichen, wurden lediglich konservativ abgeschätzt. Nur wenige Prozente und Effekte von „Pionieren“ und von „Einzelfällen“ werden gesehen (Kap. 4.3.9.1). Aus der defensiven Haltung der Mehrheit der Kommission folgt die Forderung nach einem umfangreichen Forschungsprogramm statt eines Einstiegs in eine Strategie.

Dagegen halten wir es für nötig und auch für möglich, mit einer offensiven Kampagne wesentliche energie- und rohstoffzehrende Verhaltensweisen zu ändern. Wir beziehen uns dabei ausdrücklich auch auf die Agenda 21, die in dem Kapitel 4 „Veränderungen der Konsumgewohnheiten“ einfordert – immerhin an gewichtiger Position nach dem Kapitel zur Beschleunigung nachhaltiger Entwicklung in den Entwicklungsländern und dem zur Armutsbekämpfung. Aus dem Agenda 21-Dokument[355] seien zur Handlungsgrundlage für die Veränderung der Konsumgewohnheiten die Punkte 4.3 und 4.5 zitiert:

„Zwischen Armut und Umweltzerstörung besteht eine enge Wechselbeziehung. Zwar bringt auch die Armut bestimmte Arten von Umweltbelastungen mit sich, doch ist die Hauptursache für die allmähliche Zerstörung der globalen Umwelt in den nicht nachhaltigen Verbrauchs- und Produktionsmustern – insbesondere in den Industrieländern – zu sehen, die Anlass zu ernster Besorgnis geben und zunehmende Armut und Ungleichgewichte verursachen.

Besondere Aufmerksamkeit gebührt der durch nicht nachhaltige Verbrauchsgewohnheiten und übermäßigen Konsum bedingten Inanspruchnahme natürlicher Ressourcen und der schonenden bzw. effizienten Ressourcennutzung im Einklang mit dem Ziel, ihrer Verknappung soweit wie möglich entgegenzuwirken und Umweltbelastungen zu reduzieren. Während in bestimmten Teilen der Welt übermäßig konsumiert wird, bleiben die Grundbedürfnisse eines großen Teils der Menschheit unbefriedigt. Dies führt zu überhöhten Ansprüchen und einer auf die Dauer nicht vertretbaren Lebensweise der wohlhabenden Bevölkerungsanteile, was wiederum mit einer immensen Belastung der Umwelt einhergeht. Die ärmeren Teile der Weltbevölkerung indessen sind nicht in der Lage, ihre Bedürfnisse in bezug auf Nahrung, Gesundheitsfürsorge, Wohnraum, Bildung und Erziehung zu befriedigen. Eine Veränderung der Verbrauchsgewohnheiten setzt eine aus mehreren Elementen bestehende Strategie voraus, die sich gezielt mit den Fragen des Bedarfs und der Deckung der Grundbedürfnisse der Armen befasst und die dem Abbau, der Verschwendung und der Übernutzung begrenzter Ressourcen im Rahmen des Produktionsprozesses entgegenwirkt.“

Zu den ersten Schritten einer grundsätzlichen Transformation des gegenwärtigen nichtnachhaltigen ökonomischen Systems gehört es, Ziele, Strategien und Maßnahmen der Bevölkerung zu erläutern und das von uns vorgeschlagene „Grundgesetz der Nachhaltigkeit“ zu etablieren. Entscheidend ist dabei, den Menschen die sich ergebenden Lebensvorteile und Bereicherungen zu verdeutlichen. Die Vorbildfunktion von medienbekannten Persönlichkeiten, darunter selbstverständlich wichtige Politiker, werden erforderlich sein. Solange Verantwortliche in Staat und Gesellschaft sowie Menschen in gehobenen Berufspositionen oder Einkommensklassen ihr Verhalten nicht an den Maßstäben der Nachhaltigkeit ausrichten, werden andere erst recht nicht zu überzeugen sein, dies zu tun. Die Zivilisationstheorie des Soziologen Norbert Elias beruht auf diesem Prozess der Orientierung der Bevölkerung am höflichen Verhalten, d.h. am Verhalten der Menschen an der Spitze der gesellschaftlichen Hierarchie.[356]

Bei Bevölkerung, Medien und Politikern war das dazu nötige Bewusstsein – kurz als „Umweltbewusstsein“ bezeichnet – zur Zeit der Konferenz von Rio 1992 schon weit in die Richtung des Erkennens von nötigen Verhaltensänderungen entwickelt. Doch seit dieser Zeit hat eine

[355] BMU: Umweltpolitik Agenda 21, Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung 1992 in Rio de Janeiro; Bonn 1997.

[356] Elias, Norbert „Über den Prozeß der Zivilisation. Soziogenetische und psychogenetische Untersuchungen“ Erster Band. „Wandlungen des Verhaltens in den weltlichen Oberschichten des Abendlandes“ Frankfurt/Main, 1976.

dramatische Entwertung der Umweltproblematik stattgefunden, obwohl sich sowohl die ökologischen als auch die sozialen Probleme weltweit verschärft haben. Die totale Durchdringung der Lebensweisen und Kulturen, des Staates und der Öffentlichkeit vom Ökonomischen hat nicht nur soziale Kälte hervorgerufen, sondern auch ökologische Abkühlung. 1992 fand Rio nicht nur Beachtung bei den Ökologen, selbst der damals amtierende Bundeskanzler, wie viele andere Staatsoberhäupter auch, beteiligte sich an der UN-Konferenz. Bei „Rio+10“ in Johannnesburg ist es mehr als zweifelhaft, ob der jetzige Bundeskanzler die Konferenz für sein Erscheinen überhaupt für wichtig genug hält. Im Gegensatz zu Rio wissen wir heute mehr über die kritische Situation der Umwelt und der Gesellschaften, erst der jüngste Geo-3-Bericht von UNEP verweist darauf[357] (siehe auch unser Sondervotum zu Kap. 7). Initiativen und Engagement wären also noch dringender zu fordern als zehn Jahre früher. Dieses Beispiel zeigt aber auch, wie wichtig das Verhalten des Führungspersonals selbst ist. Jede Verhaltens-Strategie muss auch bei ihm beginnen; ohne dessen Motivation, Handeln und Vorbildfunktion kann von einer Bevölkerung keine kollektive Verhaltensänderung erwartet werden.

Typisches Beispiel ist das Angebot an Bio-Essen im Deutschen Bundestag.[358] Im Zeichen einer angeblichen Agrarwende, nach mehrfachen Skandalen mit landwirtschaftlichen Produkten, gipfelnd im BSE-Skandal Anfang 2001, ist den Abgeordneten des Deutschen Bundestags biologisch einwandfreies und gesundes Essen, z. B. aus Bioland- oder demeter-Betrieben der unmittelbaren Nachbarschaft Berlins (kaum Transporte!), zu teuer oder zu ideologisch. Jedenfalls konnte der Autor des zitierten Artikels nur die negativen Erfahrungen der Autoren dieses Sondervotums bestätigen: In keinem „Abgeordneten-Restaurant“ gibt es auch nur eine Speise aus dem ökologischen Landbau. Lediglich den Besuchern des Bundestags auf der Dachterrasse wagt man Bio-Essen anzubieten. Auch die Abgeordneten bedürfen für eine Abkehr von so viel Nichtnachhaltigkeit nicht nur einer eindringlichen Lektion über die Köstlichkeiten des ökologischen Landbaus – im Vergleich zur Eintönigkeit der Currywurst.

Notwendige Stimulantien zur Verhaltensänderung durch eine offensive Nachhaltigkeitskampagne können aus verschiedenen praktischen Erfahrungen gewonnen werden. So kann z. B. der berühmte Hinweis auf die Gesundheitsministerin in der Tabakwerbung überhaupt nichts ausrichten gegen deren ausgefeilte, meist exotische Attraktivität. Auch Geschwindigkeitsbeschränkungen oder gar -empfehlungen sind wirkungslos, wenn nicht eine Kontrolle zu erwarten ist. Dagegen hat das Angebot des „Schönes-Wochenende-Ticket“ der DB AG eine Massenbewegung ausgelöst – vom Auto zur Bahn; auch die Förderung von Solaranlagen hat auf diesem Sektor einen Boom ausgelöst. Verhaltensweisen lassen sich also ändern, jenseits von allgemeinen oder persönlichen Katastrophen und Krisen.

Zur Änderung von Verhaltensweisen gehören offenbar ein preisgünstiges Angebot, eine geschickte Verbots- und Gebotsstruktur und eine eindringliche Motivierung durch Information und Bildung. Mit diesen drei Komponenten lassen sich Strategien zur Verhaltensänderung aufbauen, deren Ziel ein an den Grundsätzen der Nachhaltigkeit ausgerichtetes Verhalten ist.

In unseren Sondervoten zu den Kapiteln 6.1 (Strategien) und 7.0 (Handlungsempfehlungen) haben wir die Bildung ausführlich als strategisches Mittel und, insoweit es vorrangig um das Nachhaltigkeitsbewusstsein geht, das wir dort definiert hatten, als sofort zu ergreifende Maßnahme beschrieben (Kap. 7.3.1):

Einsicht in die Gefährdung der natürlichen Lebensbedingungen des Menschen und seiner sozialen Grundlagen durch ihn selbst und durch eine auf Ungleichheit zielende Ökonomie – mit der Bereitschaft, für Abhilfe zu sorgen.

Die Herausbildung eines solchen grundlegend anderen Bewusstseins zum Leben ist offensichtlich auch der Kern der Botschaft des jüngsten UNEP-Berichts Geo-3[359] (s. a. unser Sondervotum Kap. 7.3.1). Dort leistet allein das Szenario „Sustainability first“ auf der Basis grundlegend anderen Verhaltens der Menschen die entscheidende Wende zur nachhaltigen Entwicklung, fort von den zerstörerischen Entwicklungen einer egoistischen und ungezügelten Wirtschaft.

Der Weg zu diesem Nachhaltigkeitsbewusstsein ist sicher lang und beschwerlich, deswegen muss schon heute und möglichst im Kindesalter begonnen werden, ihn zu gehen. Bei zwei Essentials muss angesetzt werden:

Die Entfremdung von der Natur hat ein erschreckendes Maß erreicht. Obwohl die Menschen in Deutschland noch nie so viel Freizeit hatten und der Umwelt- und Naturschutz in den Lehrplänen der Schulen verankert ist, geht das in Jahrhunderten angesammelte Wissen über die Artenvielfalt an Tieren und Pflanzen in rasantem Tempo verloren. Dies korreliert mit der Geschwindigkeit der Zerstörung der Artenvielfalt. Ein Großteil der Kinder spielt heute am Computer und nicht mehr in der „freien Natur“, die in städtischen Regionen sowieso auf kleinste Räume gedrängt wird.

Die mangelnden Kenntnisse über die Natur, über Nutz- sowie Wildtiere und -pflanzen hat automatisch eine schwindende Sensibilität gegenüber Naturzerstörungen und Umweltveränderungen zur Folge. Und wer erst die Arten als Anzeiger für biologische Vielfalt nicht mehr kennt, der vermisst sie auch nicht.

Das zweite Essential ist die soziale Kälte, die verstärkt seit dem Beginn des größeren Deutschland zu beobachten ist. Auch hier sind Schulen und Kindergärten gefordert, für mehr sozialen Zusammenhalt zu sorgen. Doch vor allem müssen die politischen Weichen gestellt werden für eine

[357] Unep-Bericht „Geo 3“, 2002 ; Frankfurter Rundschau Nr. 121, 28. Mai 2002.

[358] Schrot & Korn „Kein Bio im Bundestag, nirgends – eine Reportage mit Hindernissen“, Heft 6/2002.

[359] Unep-Bericht „Geo 3“, 2002; Frankfurter Rundschau Nr. 121, 28. Mai 2002.

Gesellschaft des sozialen Friedens an Stelle der realexistierenden Ellenbogengesellschaft des egoistischen Einzelnutzens.

4.4 Zusammenfassung

(1250) Im Mittelpunkt des vierten Kapitels stand die Diskussion eines Referenzszenarios der energiewirtschaftlichen Entwicklung bis zur Mitte dieses Jahrhunderts auf der einen Seite sowie die Analyse der nachfrage- und angebotsseitigen Potenziale zur effizienteren Nutzung der Energie, zum verstärkten Einsatz erneuerbarer Energiequellen und zur Reduktion von Treibhausgasemissionen auf der anderen Seite.

(1251) Das Referenzszenario kommt zu folgenden Ergebnissen:

– Der Primärenergieverbrauch wird – je nach Bewertungsmethode – im Jahr 2050 um 20 bis 24 % niedriger sein als 1990;

– bei den CO_2-Emissionen wie bei den Treibhausgasemissionen insgesamt kommt es zu einer Reduktion um größenordnungsmäßig jeweils 30 % und

– bei den übrigen der erfassten Schadstoffemissionen sind sogar – wie bei den NMVOC- und Staub-Emissionen – Rückgänge um mehr als 90 % zu verzeichnen.

– Stark rückläufig werden außerdem die Emissionen von CH_4 (–87 %), CO und SO_2 (jeweils –85 %) sowie NO_x (–60 %) sein.

– Die Minderung bei den N_2O-Emissionen mit 14 % fällt vergleichsweise schwach aus.

(1252) Sektoral differenziert ergibt sich unter den Bedingungen des Referenzszenarios für die Veränderungen der CO_2- sowie der Treibhausgasemissionen insgesamt das folgende Bild: In beiden Fällen ist die relative Emissionsminderung in der Periode von 1990 bis 2050 besonders stark in der Industrie (–48 %) sowie in den zusammengefassten Bereichen Haushalte, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (–36 bzw. 37 %). Am schwächsten ist der Rückgang im Verkehr, dessen Emissionen das 1990er-Niveau bis zum Jahr 2030 sogar noch spürbar überschreiten.

(1253) Vor dem Hintergrund der insbesondere nach 2030 stark sinkenden Einwohnerzahl gehen die Pro-Kopf-Emissionen nur abgeschwächt zurück: So betragen die CO_2-Emissionen bzw. THG-Emissionen pro Einwohner im Jahr 2050 rund 10,3 t bzw. 10,6 t; gegenüber 1990 bedeutet das zwar eine Minderung um 17 bzw. 19 %, im Vergleich zu 1998 sind es aber lediglich 2 bzw. 4 % weniger. Gemessen an der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung kommt es dagegen zu einer beträchtlichen Emissionsreduktion. So sinkt die gesamtwirtschaftliche Emissionsintensität (Emissionen je Einheit Bruttoinlandsprodukt) von 1990 bis 2050 beim CO_2 jahresdurchschnittlich um 1,9 % und bei den Treibhausgasemissionen insgesamt um 2,0 %. Im Vergleich zu dem Rückgang im Mittel der neunziger Jahre (jeweils –3,1 % p.a.) verlangsamt sich damit der Emissionsrückgang deutlich.

(1254) Die über das gesamte Energie- und Verkehrssystem bilanzierten Kosten (Investitionen, Betriebskosten, Brennstoffe) belaufen sich im Referenzszenario im Zeitraum von 1990 bis 2050 (ohne Berücksichtigung externer Kosten) kumuliert und abdiskontiert auf 2000 auf 10 043 Mrd. Euro (Preisbasis 1998). Ohne Abdiskontierung der laufenden Kosten betragen die kumulierten Kosten 19 198 Mrd. Euro; im Jahresdurchschnitt machen die nichtabdiskontierten Werte rund 320 Mrd. Euro aus, die für die Befriedigung des Energiedienstleistungsbedarfes in Deutschland unter den Bedingungen des Referenzszenarios aufgebracht werden müssen. Gemessen am mittleren Bruttoinlandsprodukt im Zeitraum von 1990 bis 2050 sind das schätzungsweise etwa 11 %.

(1255) Bewertend kommt die Kommission zu dem Ergebnis, dass das Referenzszenario mit den Anforderungen an eine nachhaltige Energieversorgung und den dazu von der Kommission abgeleiteten Zielen in keiner Weise in Einklang zu bringen ist. Ungeachtet aller Effizienzverbesserungen wird gemäß Referenzszenario die Energieversorgung bis in die Mitte des Jahrhunderts mit einem Anteil von kaum weniger als 90 % des Primärenenergiebedarfs von der Dominanz der fossilen Energieträger geprägt sein. Die aus Klimaschutzgründen notwendige Ablösung der fossilen Energieträger ist im Referenzszenario also nicht in Sicht – im Gegenteil. Zugleich bleibt die Abhängigkeit der deutschen Volkswirtschaft von Importenergien sowohl relativ als auch absolut sehr hoch. Unter dem Gesichtspunkt der Versorgungssicherheit und der Risikofreiheit kommt es daher im Referenzszenario eher zu einer Verschlechterung der Situation der Energieversorgung gegenüber der heutigen Ausgangssituation. Allerdings können schon in diesem Szenario zumindest die Risiken aus dem Betrieb der Kernkraftwerke mit deren Stillegung nach 2020 vermieden werden. Eng verbunden mit der versorgungsseitigen Dominanz der fossilen Energieträger ist die Entwicklung der Treibhausgasemissionen. Zwar gehen die CO_2-Emissionen wie die Treibhausgasemissionen insgesamt künftig weiter zurück, doch werden sämtliche Emissionsreduktionsziele verfehlt. Das gilt für das nationale Ziel, die CO_2-Emissionen bis 2005 um 25 % gegenüber 1990 zu reduzieren, ebenso wie für die von der Enquete-Kommission für 2020 und 2050 genannten Ziele einer Emissionsminderung um 40 % bzw. 80 %. Im Jahr 2005 klafft zwischen der im Referenzszenario errechneten CO_2-Emission und dem Emissionsziel eine Lücke von rund 100 Mio. t, die sich bis 2020 auf etwa 240 Mio. t und bis 2050 sogar auf rund 500 Mio. t vergrößert.

(1256) Neben der nach wie vor sehr hohen Beanspruchung der begrenzten Öl- und Gasressourcen muss als die zentrale Verletzung der Nachhaltigkeitskriterien die dramatische Verfehlung der aus Klimaschutzgründen geforderten Emissionsreduktionsziele angesehen werden. Die Enquete-Kommission zieht daraus den Schluss, dass eine Entwicklung entsprechend dem Referenzszenario, wie schon die heutige Energieversorgung, nicht nachhaltig ist und keinen akzeptablen Entwicklungspfad für die Zukunft darstellt. Das Ausmaß der Zielverfehlung signalisiert einen beträchtlichen energie- und umweltpolitischen Handlungsbedarf, mit dem sich Politik, Wirtschaft und

Verbraucher in den nächsten Jahrzehnten auseinanderzusetzen haben werden. Um auszuloten, ob es für diesen Handlungsbedarf auch entsprechende Umsetzungspotenziale gibt oder ob er von vornherein durch zu hohe Schranken begrenzt wird, wurden die verschiedenen Sektoren der Volkswirtschaft aus diesem Blickwinkel einer eingehenden Analyse unterzogen.[360]

(1257) Das Ergebnis dieser Analysen fällt – bei allen Unterschieden im Detail – sehr eindeutig aus: Es gibt keinen energiewirtschaftlich bedeutsamen Sektor, in dem nicht noch erhebliche technische Potenziale zur Effizienz- bzw. Energieproduktivitätssteigerung existieren. Es stellt sich somit nicht die Frage, „ob“ Einsparmöglichkeiten vorhanden sind, sondern „wie“ diese realisiert werden können und „welche Ansatzpunkte“ sich für die Gestaltung von Maßnahmen anbieten.

Hierzu einige Beispiele:

– Die Einsparpotenziale, die mit den am Markt verfügbaren Techniken zum verbesserten Wärmeschutz im Wohngebäudebestand erschließbar sind, werden auf rund 70 % veranschlagt.

– Im Nicht-Wohngebäudebereich erscheint es als möglich, den Endenergieeinsatz zur Raumwärmebereitstellung durch Verbesserung der Gebäudehülle bis zur Jahrhundertmitte um mehr als die Hälfte zu reduzieren.

– Durch verstärkten Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen und perspektivisch durch Brennstoffzellen könnten die CO_2-Emissionen im Bereich von Gewerbe, Handel, Dienstleistungen bis 2050 um etwa ein Drittel der heutigen Emissionen dieses Sektors gemindert werden.

– Allein durch die Vermeidung des von Stand-by-Schaltungen verursachten Stromverbrauchs ließen sich etwa 15 bis 20 Mrd. kWh einsparen und bei diversen Elektrogeräten wird mit Einsparmöglichkeiten durch besonders effiziente Neugeräte in Größenordnungen von 60 bis 80 % gerechnet.

– Gegenüber dem Trend lassen sich in den nächsten beiden Jahrzehnten etwa 20 % des industriellen Energieeinsatzes durch Ausschöpfung der „heute unmittelbar verfügbaren technischen Lösungen“ verringern. Die größten spezifischen und absoluten Einsparpotenziale finden sich dabei im Bereich der Querschnittstechniken. Neben den einzeltechnologiebezogenen Optionen liegt allerdings ein erheblicher Beitrag zur Steigerung der Energieeffizienz in der Industrie, in der Verfahrenssubstitution und Produktsubstitution, wodurch Potenziale von meist 30 bis 80 % realisiert werden können. Große Potenziale bietet auch die integrale Planung und Optimierung der industriellen Wärme- und Kälteversorgung innerhalb von Betrieben und durch Kooperation zwischen Unternehmen.

– Im Verkehrssektor lassen sich erhebliche Einsparpotenziale durch die Verbesserung der Fahrzeugtechnik und der konventionellen Antriebe nutzbar machen. Bei Ottomotoren werden Verbesserungen des spezifischen Verbrauchs um bis zu 35 % für möglich gehalten. Konzeptstudien lassen erkennen, dass insbesondere durch Ansätze zu radikalem Leichtbau der Verbrauch drastisch gesenkt werden kann. Neue Antriebe und alternative – fossil sowie regenerativ basierte – Kraftstoffe eröffnen erhebliche zusätzliche Möglichkeiten zur Kraftstoffverbrauchsminderung und Emissionsreduzierung.

– Neben den technischen Einsparpotenzialen eröffnet die Beeinflussung der Nachfrageentwicklung und des individuellen Verhaltens im Verkehrssektor – z. B. Fahrverhalten, Verkehrsmittelwahl (Änderung des Modal-Split) und Verkehrsvermeidung (auch durch den verstärkten Einsatz von IuK in Wirtschaft und Gesellschaft) – große Möglichkeiten mit Blick auf die Minderung von Kraftstoffverbrauch und Emissionen.

– Beträchtliche Spielräume für eine effizientere und klimaverträglichere Energiebereitstellung existieren bei der Stromerzeugung, die innerhalb des Umwandlungssektors von herausragender Bedeutung für den Energieeinsatz und die Treibhausgasemissionen ist. Durch technische Verbesserungen im konventionellen Bereich, durch neue technische Konzepte sowie durch Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplung – und hier insbesondere die Brennstoffzelle – lässt sich die Umwandlungseffizienz wesentlich erhöhen; durch Wechsel zu emissionsärmeren oder emissionsfreien Energieträgern kann erheblich zur Emissionsminderung beigetragen werden.

– Weitgehend ungeklärt sind demgegenüber die Perspektiven für die CO_2-Abtrennung und -Deponierung; vieles deutet aber darauf hin, dass diese Option in jedem Fall nur einen quantitativ und zeitlich deutlich begrenzten Wirkungsbeitrag zum Klimaschutz erbringen kann.

– Nicht zu übersehen sind die großen Energieeffizienzpotenziale, die in Zukunft durch verstärkte Kreislaufwirtschaft, bessere und neue Materialeigenschaften sowie durch eine intensivere Produktnutzung erschließbar sind. Der Steigerung der Materialeffizienz und der intelligenten Materialsubstitution wird eine wachsende Bedeutung zukommen.

(1258) Mittelfristig können die erneuerbaren Energiequellen einen entscheidenden Beitrag zum Übergang zu einer nachhaltigen Energieversorgung leisten. Allerdings wird dies nur möglich sein, wenn es schon heute für eine längere Übergangszeit zu einer wesentlichen, alle erneuerbaren Energiequellen umfassenden, politischen Flankierung kommt. Es steht eine breite Palette an Energiequellen und technischen Nutzungssystemen zur Verfügung: Durch Nutzung von Biomasse können Strom, Wärme und Brennstoffe (auch Kraftstoffe für den Verkehr) bereitgestellt werden; solarthermische Kraftwerke und photovoltaische Systeme liefern Strom aus dem Sonnenlicht, Solarkollektoren erlauben die Bereitstellung von Wärme und Kälte für Haushalte, Gewerbe und Industrie, Wind und Wasserkraftwerke erzeugen Strom (aus der Kombination von Strahlungsenergie

[360] ISI-STE (2001) im Auftrag der Enquete-Kommission, Prognos (2002).

und Gravitation), solare Architektur stellt ein angenehmes „Ambiente“ für das Wohnen, Leben und Arbeiten bei minimiertem Energiebedarf durch integrierte Planung und intelligente Verknüpfung technischer und „natürlicher“ Komponenten bereit und schließlich stellen geothermische Kraftwerke und Wärmepumpen bisher ungenutzte Wärmepotenziale zur Erzeugung von Strom, zur Beheizung und Kühlung bereit. Potenzialstudien zeigen, dass alle erneuerbaren Energiequellen zusammen genommen durchaus in der Lage sind, den Energiebedarf in Deutschland zu decken; unter volkswirtschaftlichen Aspekten ist daher die Erschließung der Kostendegressionspotenziale durch Technikentwicklung von großer Bedeutung.

(1259) Die existierenden und absehbaren Potenziale und Optionen der rationellen Energienutzung und Energiebereitstellung sowie der Einsatzchancen insbesondere von erneuerbaren Energiequellen lassen erkennen, dass es eine Vielzahl von primär „technischen“ Lösungen in Richtung einer nachhaltigen Energieversorgung gibt. Von ebenso großer Bedeutung könnten aber auch die von Verhalten und Lebensstil abhängigen Potenziale einer nachhaltigen Energienutzung sein. Anders als die technischen Lösungswege, für die umfangreichste Analysen vorliegen, sind viele der Fragen des energiebezogenen Nutzerverhaltens wie von Suffizienzstrategien empirisch bisher nur wenig erforscht. Die Kommission misst diesem Komplex mit Blick auf den potenziellen Zielerfüllungsbeitrag für eine nachhaltige Energieversorgung eine erhebliche Bedeutung zu.

(1260) Die Analysen der technischen Potenziale und Optionen haben auch gezeigt, dass es in nahezu allen Sektoren mehr oder weniger ausgeprägte Hemmnisse gibt, die der Erschließung im Wege stehen. Vor diesem Hintergrund muss die Überwindung solcher Hemmnisse ein zentrales Element einer jeden Nachhaltigkeitsstrategie sein. Dazu haben die Sektoralanalysen auch bereits zahlreiche Anhaltspunkte geliefert.

(1261) Insgesamt zieht die Kommission aus den Potenzialanalysen den Schluss, dass aus technisch-wirtschaftlicher Sicht eine nachhaltige Energieversorgung entsprechend ihrem Zielsystem realisierbar ist. Entsprechende Szenarien, wie sie in dem nachstehenden Kapitel 5 für unterschiedliche Konstellationen beschrieben werden sollen, dürften von daher jedenfalls nicht auf technische Schranken stoßen.

(1262) Bei dieser Bewertung ist nach Auffassung der Kommission auch zu berücksichtigen, dass das Referenzszenario die mit der Energieversorgung verbundenen externen Kosten grundsätzlich nicht berücksichtigt. Das bedeutet auch, dass aus gesamtwirtschaftlicher Sicht ein solches Szenario ohnehin nicht beanspruchen kann, effizient im Sinne einer optimalen Allokation der Ressourcen zu sein. Ungeachtet der Tatsache, dass selbst die Einbeziehung der externen Kosten in alle Entscheidungsprozesse der Wirtschaftssubjekte aufgrund vielfältiger anderer Hemmnisse, Marktunvollkommenheiten und Machtstrukturen auf den Energiemärkten für sich allein noch nicht zu solchen optimalen Resultaten führen würde, kommt für die Kommission einer Internalisierung der externen Kosten eine zentrale Bedeutung für die Herausbildung einer nachhaltigen Energieversorgung zu. Dies beinhaltet gleichzeitig auch einen an die Relation der externen Kosten angepassten wirtschaftlichen Strukturwandel.

5 Zielszenarien für Deutschland[1, 2, 3, 4]

(1263) Die Enquete-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und der Liberalisierung“ wurde vom 14. Deutschen Bundestag ausdrücklich damit beauftragt, ihre Analysen zu Rahmenbedingungen, Potenzialen und Optionen der zukünftigen Energieversorgung in einer Szenarienmodellierung zusammenzuführen. Ihre Darstellung im folgenden Kapitel erfolgt mit dem Ziel einer quantitativen Analyse der Optionen für eine nachhaltige Entwicklung des Energiesystems Deutschlands, die für den „politischen Willensbildungsprozess zur künftigen Energiepolitik eine belastbare, an wissenschaftlichsystematischen Kriterien orientierte Beratungsgrundlage“ schaffen soll.[5]

(1264) In dieser Analyse werden verschiedene, in sich konsistente, langfristige Entwicklungspfade des Energiesystems bis 2050 untersucht. Die Ergebnisse der Szenariensimulationen sollen zur Bewertung dieser Entwicklungspfade auf der Grundlage der Nachhaltigkeitsindikatoren der Enquete-Kommission herangezogen werden. Zu diesem Zweck vergab die Kommission einen entsprechenden Studienauftrag an ein Konsortium aus der Prognos AG, Basel, dem Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER) der Universität Stuttgart und dem Wuppertal Institut für Klima, Energie und Umwelt (WI), Wuppertal. Die Projektleitung und -koordination oblag dabei der Prognos AG, während die energiewirtschaftlichen Modellierungen von IER und WI in Modellkonkurrenz vorgenommen wurden. Die Erarbeitung, Analyse und Bewertung dieser Szenarien sollte in einem iterativen Prozess in Abstimmung mit der Kommission detaillierte quantitative Aussagen zur Entwicklung des Energiesystems im engeren Sinne bereitstellen. Auf diese Weise sollten belastbare und wohlbegründete Aussagen zur energiewirtschaftlichen Umsetzung einer nachhaltigen Energiewirtschaft und ihren volkswirtschaftlichen Effekten bis 2050 getroffen werden.

(1265) Im Einzelnen wurden in der Studie neben dem in Kapitel 4.2 dargestellten Referenzszenario drei „Zielszenarien“ modelliert, welche die Basis des vorliegenden Kapitels bilden. Unter dem gemeinsamen Paradigma des Klimaschutzes unterscheiden sich ihre Szenarienphilosophien vor allem in den energie- und technologiepolitischen Hauptstoßrichtungen:

– der Forcierung der Effizienz in der Umwandlung und Anwendung von Energie, die, gekoppelt mit CO_2-Abscheidung, ein Weiternutzen der Kohlen ermöglichen sollte (Szenariengruppe „Umwandlungseffizienz“, kurz UWE),

– einem offensiver Ausbau der erneuerbaren Energien, der, gekoppelt mit Energieeinsparung, Deutschlands Technologieführerschaft unterstützen sollte (Szenariengruppe „REG/REN-Offensive“, kurz RRO), und

– einer Reetablierung der Kernenergie, gekoppelt mit CO_2 – Abscheidung und -Speicherung (Szenariengruppe „Fossil-nuklearer Energiemix“, kurz FNE).

(1266) Im Gegensatz zum Referenzszenario erfordern alle Zielszenarien umfassende politische Interventionen, zum Beispiel auf Wunsch der Minderheit der CDU/CSU und FDP Arbeitsgruppe die Aufhebung der Atomgesetznovelle vom 27. April 2002 im Szenario FNE. Alle Interventionsszenarien sollten weiterhin auf das von der Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ des 13. Deutschen Bundestages vorgegebene Ziel hinarbeiten, die Treibhausgasemissionen Deutschlands im Jahre 2050 gegenüber 1990 um 80 % zu reduzieren.

(1267) Diese Grundrichtungen wurden durch verschiedene Neben- und Variantenrechnungen ergänzt. In allen Berechnungen wurde von derselben gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Entwicklung wie beim Referenzszenario (vgl. Kapitel 4.2) ausgegangen. Es sollte insbesondere untersucht werden, ob es technisch möglich ist, die Energiewirtschaft klimaverträglich umzugestalten und welche Restriktionen dabei gegebenenfalls beachtet werden müssen, damit es nicht zu negativen wirtschaftlichen und sozialen Entwicklung gegenüber dem Referenzszenario kommt.

(1268) Bei der Ausgestaltung der Szenarien und im Prozess der Anfertigung des Gutachtens legte die Kommission großen Wert auf ein Höchstmaß an Transparenz. Die in Kapitel 4 dargestellten Rahmendaten, Optionen und Potenziale in Bezug auf Technologien, Verhalten bzw. Strukturwandel sollten als Input für die Modelle herangezogen werden. Als Resultat sollten die Auswirkungen auf die Nachhaltigkeitsziele und die Notwendigkeit von Trade-Offs zwischen konkurrierenden Zielen ermittelt werden, und zwar in möglichst detaillierter sektor- bzw. technologieorientierter Differenzierung für Deutschland. Ziel war weiterhin die Möglichkeit einer quantitativen Darstellung gesamtwirtschaftlicher Effekte (Kosten, Wirtschaftsentwicklung und Arbeitsplätze) für die Zeithorizonte 2020, 2030 und 2050.

(1269) Ein synoptischer Vergleich vorliegender europa- bzw. weltweiter energiewirtschaftlicher Szenarien sollte

---

[1] Minderheitsvotum der Kommissionsmitglieder von CDU/CSU und FDP: Dissens besteht in der Wahl der Basisdaten der unterschiedlichen Szenarien, ihrer Praktikabilität und Bewertung insbesondere vor dem Hintergrund der Nachhaltigkeitskriterien und den daraus resultierenden Ergebnissen – vgl. hierzu Minderheitsvotum, insbesondere Kapitel 5.

[2] Minderheitsvotum des Kommissionsmitglieds der Fraktion der PDS einschließlich des von ihr benannten Sachverständigen Prof. Dr. Jürgen Rochlitz siehe am Ende des Kapitels.

[3] Sondervotum des Sachverständigen Prof. Dr. Jürgen Rochlitz siehe am Ende des Kapitels.

[4] Sondervotum des Sachverständigen Prof. Dr. Alfred Voß siehe am Ende des Kapitels.

[5] Deutscher Bundestag (2000), Bundestagsdrucksache 14/2687.

thematisieren, inwieweit die Entwicklungsmuster der verschiedenen Szenarien für Deutschland mit einer Entwicklung der europäischen und weltweiten Energieversorgung vereinbar sind, die ihrerseits dem Leitbild der Nachhaltigkeit genügt.

(1270) Im Verlauf der Arbeit stellte sich heraus, dass unter anderem aus Zeitgründen viele Abstriche an diesen Zielen gemacht werden mussten. Verzögerungen und Abweichungen vom ursprünglichen Zeitplan wurden durch die intensiven Abstimmungs- und Austauschprozesse zusätzlich notwendig. So legte z. B. das Konsortium einen intern abgestimmten, für die Kommission aber nicht akzeptablen Basisdatensatz vor. Daraufhin entwickelte die Kommissionsmehrheit und später die Minderheit mit Unterstützung der Institute jeweils einen eigenen Datensatz. Die Gutachter haben auch einige andere Rahmendaten und Szenarioannahmen abweichend von den Vorgaben behandelt bzw. unterschiedlich interpretiert. Das Konsortium war nicht in der Lage, den von der Kommission erwarteten Abstimmungs- und Analyseprozess intern durchzuführen (vgl. auch Kapitel 5.2 und 5.3). Aus Sicht der Kommission ist der interne Abstimmungsprozess, die Festlegungen in den Szenarien und die Analyse der Ergebnisse zunächst nicht ausreichend transparent dargestellt worden. Dies hat zu Verzögerungen durch Nachfragen und Nachbearbeitungen geführt (siehe auch Kapitel 5.2 und 5.3).

Szenarientechnik und verwendete Modelle

„The sign of a truly educated man is to be deeply moved by statistics.“

George Bernhard Shaw

(1271) Seit einigen Jahrzehnten werden die in der Naturwissenschaft entwickelten Methoden der Simulation und Szenarienerstellung immer häufiger auch auf soziale und politische Fragestellungen angewandt. Ein historisch bedeutsames Beispiel ist der Bericht des „Club of Rome“ in den Siebzigerjahren über die „Grenzen des Wachstums.“[6] Dort wurde mit dem sogenannten Forrester-Weltmodell die wirtschaftliche und politische Entwicklung der Welt simuliert, um eine Vorhersage für den Ressourcenverbrauch und die Umweltverschmutzung zukünftiger Jahrzehnte zu erzeugen. Dieser Bericht war Anlass zu ersten Diskussionen über unsere Wachstumsgesellschaft und ihre Zukunft. In den Siebzigerjahren stellte man auch in der Diskussion über die Energieprobleme, die unter anderem durch die Ölkrise in Gang gekommen war, mit sehr stark vereinfachten Verfahren Prognosen des zukünftigen Energieverbrauchs auf, die sich aus heutiger Sicht fast ausnahmslos als falsch erwiesen haben. Die tatsächlich eingetretene Entwicklung des Energieverbrauchs blieb weit hinter den Erwartungen zurück.

(1272) Aus der Weiterentwicklung der Denkschule, die hinter dem Forrester-Weltmodell stand, sind systemdynamische „top-down“-Modelle, z. B. für das Energiesystem eines Landes, hervorgegangen. In diesen Modellen wird von hochaggregierten Zahlen auf gesamtwirtschaftlichem Niveau, z. B. aus der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung, ausgegangen, und das zu simulierende System quasi von oben herab in seine Teilsysteme zerlegt, die sich damit immer weiter ausdifferenziert und detaillierter darstellen lassen. Reicht die Genauigkeit des Modells nicht aus, können einzelne Bestandteile wieder als Subsysteme aufgefasst werden, was die Vorhersagegenauigkeit des Modells erhöhen kann.

(1273) Eine andere Denkschule versucht, quasi von unten – also „bottom-up“, vom kleinsten Bestandteil aus – ein Modellsystem aufzubauen. Hier wird z. B. von einzelnen Kraftwerken und Energieanwendungen oder von der Gesamtheit aller Kraftwerke und Energieanwendungen eines Typs ausgegangen, die sehr detailliert dargestellt werden. Die Prognosen für diese detaillierten Bestandteile werden dann schrittweise immer weiter hoch aggregiert.

(1274) Beide Denkschulen und die daraus resultierenden Modelle haben ihre Stärken und Schwächen, aber beide ermöglichen uns im Rahmen ihrer Grenzen, in eine mögliche Zukunft zu schauen, zumal jedes Modell zwar einer Schule zuzuordnen ist, jedoch auch stets Elemente der anderen enthält. Wichtigste Einschränkung aller Modelle ist ihre Subjektivität: In jedem Modell wird ein Teil der Welt simplifiziert und mit mathematischen Verfahren abgebildet, um Vorhersagen zu machen; doch welcher Teil mit welchen Berechnungsverfahren und Rahmendaten abgebildet wird, ist unterschiedlich und hängt von den subjektiven Einschätzungen und Wertsetzungen des Modellbildners ab. Es lässt sich sehr schwer entscheiden, welcher der vielen Ansätze zur Modellierung eines sozioökonomischen Systems am besten geeignet ist.

(1275) Modelle bilden die funktionalen Zusammenhänge der wichtigsten Bestandteile sozioökonomischer Systeme und ihre gegenseitigen Abhängigkeiten mathematisch ab; mit Hilfe eines Szenarios wird die zukünftige Entwicklung einiger interessanter Größen dynamisch berechnet. Ein Szenario ist eine Festschreibung eines Teils der zukünftigen Entwicklung unserer Gesellschaft, quasi ein Drehbuch der Zukunft. Es werden Annahmen über Bestandteile des Systems gemacht. Beispielsweise können in einem Szenario die zukünftige Entwicklung der Bevölkerungszahl, die technologische Entwicklung und die Geschwindigkeit, mit der sich neue Techniken verbreiten, vorgeschrieben sein. Die Szenarienphilosphie, der diese Einzelvorgaben in konsistenter Weise folgen sollen, gibt dabei die generelle Stoßrichtung vor.

(1276) In verschiedenen Einzelvorgaben für die Entwicklung von Preisen, Technologien, Gesellschaft etc. in den verschiedenen Szenarien drücken sich wiederum die persönlichen Einschätzungen der Modellierer aus. Hier kommen die subjektiven Erwartungen der verschiedenen Gruppen zum Tragen, und manchmal auch ihre Interessen oder die Interessen der Auftraggeber solcher Studien. Doch sind diese unterschiedlichen Annahmen wissenschaftlich erlaubt und korrekt. Szenarien, in denen das zentralistische Energiesystem von heute fortgeschrieben wird und erneuerbare Energien nur marginale Bedeutung haben, sind als Gedankenspiele ebenso möglich wie solche, in denen die erneuerbaren Energien eine hohe Bedeutung haben. Beides

[6] Meadows u. a. (1972)

sind zulässige Sichtweisen einer möglichen Zukunft. Darüber hinaus kann keine energiewirtschaftliche Vorhersage strukturelle Neuorganisationen von Gesellschaften und ihre Wirkungen auf das regionale und überregionale Energiesystem berechnen. Es ist also z. B. unmöglich, plötzliche Umbrüche, wie den Zusammenbruch der Sowjetunion, vorherzusagen.

(1277) Trotz der unterschiedlichen Ansätze, Modelle und Ergebnisse kann man den Modellen und ihren Szenarien entnehmen, unter welchen technischen, sozialen und wirtschaftlichen Bedingungen bestimmte Ziele erreicht werden können und welche politischen Rahmenbedingungen hierfür nötig sind. Ein Vergleich der verwendeten Szenarien lässt erkennen, in welche Richtung sich der Trend bei unterschiedlichen Voraussetzungen entwickelt. Innerhalb des „Lösungsraumes“, der abgesteckt von extremen Entwicklungen erkennbar wird, wird sich – falls die Annahmen für die Rahmenbedingungen einigermaßen zutreffen – wahrscheinlich die Zukunft entfalten.

(1278) Um möglichst robuste Ergebnisse zu bekommen, hat sich die Kommission bei der Vergabe der Aufträge an zwei Institute (WI und IER) gewandt, die verschiedene Simulationsverfahren benutzen und die in den letzten Jahren in der energiepolitischen Diskussion unterschiedliche Positionen bezogen haben. Beiden Instituten wurde ein gemeinsames Referenzszenario und ein gemeinsamer Basisdatensatz vorgegeben, um größtmögliche Vergleichbarkeit zu erreichen.

(1279) Beide für die Szenarienrechnungen verwendeten Modellsysteme gehen von Referenzenergiesystemen aus und sind aufgrund der abgebildeten Technologievielfalt, auf der sie basieren, den **bottom-up-Energiemodellen** zuzuordnen. So können z. B. Stromimporte aus erneuerbaren Energien aus sehr unterschiedlichen Technologien und Ländern (Norwegen, Island, Mittelmeerraum usw.) abgebildet und in der Modellrechnung ausgewählt werden, die Stromerzeugung aus Windenergie wird sowohl offshore als auch onshore entsprechend der Windgeschwindigkeitsverteilung in unterschiedliche Klassen eingeteilt und die Photovoltaik kann sowohl auf Freiflächen als auch auf Dachflächen jeweils mit zwei unterschiedlichen Technologien zum Einsatz kommen. Auf der Nachfrageseite wird z. B. im Bereich der Raumwärme nach Bebauungsdichten, Gebäudetypen, Altersklassen und Dämmstandards der Häuser sowie nach verschiedenen Versorgungsvarianten (Objekt-, Nah-, Fernwärmeversorgung) unterschieden.

(1280) Beim **Modell des IER** handelt es sich um ein Optimierungsmodell, das in der verwendeten Variante das mathematische Verfahren der linearen Programmierung nutzt. Die Zielfunktion minimiert die gesamten Kosten des Energiesystems im betrachteten Zeitraum (2000 bis 2050). Als Kostenterme gehen Investitionen, fixe und variable Betriebskosten, Bewachungs- und Stilllegungskosten sowie der Restwert von Anlagen bei deren Stilllegung als Gutschrift in die Zielfunktion ein. Dadurch wird erreicht, dass die berücksichtigten Energieumwandlungs-, Nutzungs- und Einspartechnologien – unter Beachtung der gegebenen Randbedingungen – in der Reihenfolge ihrer Kostengünstigkeit zum Einsatz gelangen. Anlagen einer bestimmten Technologie (z. B. Solarkollektoren zur Warmwasserbereitung) werden solange eingebaut, als sie gemäß ihrem jeweiligen Potenzial zu einem bestimmten Kostenansatz bereitsteht. Ist das Potenzial ausgeschöpft, gelangt die nächstteurere Technik zum Einsatz. Dies geschieht solange, bis die Nachfrage für Energiedienstleistungen gedeckt ist. Teurere Technologien werden nicht berücksichtigt. Ausgehend vom Referenzszenario wird so die Treibhausreduktion streng kostenorientiert im Rahmen der gesetzten Grenzen durchgeführt. Ergebnis der Berechnungen sind die Marktanteile unterschiedlicher Techniken und die dafür zu installierenden Kapazitäten. Diese Marktanteile können allerdings durch Ober- und Untergrenzen weiter eingeschränkt werden. Zusätzlich ist es möglich, technikübergreifende Bedingungen zu formulieren, wie z. B. die Einhaltung einer Obergrenze der Emission von Treibhausgasen für das gesamte Energiesystem oder einen Mindestanteil für die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen.

(1281) Im Gegensatz zu dem IER-Modell werden im **Modellsystem des WI,** das in erster Linie einem Simulationsansatz folgt, mit den Marktanteilen einzelner Technologien wesentliche Variablen exogen vorgegeben. Ihre Bestimmung erfolgt iterativ in Abhängigkeit von den festgesetzten Zielwerten (z. B. Minderung der Treibhausgasemissionen). Als wichtiger Faktor geht hier neben den Kosten auch eine Einschätzung über die Umsetzbarkeit in die Überlegungen ein. Für die Modellrechnungen werden deshalb (auf dem Referenzszenario aufsetzende) Maßnahmen definiert (z. B. Markteinführungsprogramm für Kleinstbrennstoffzellen), die in Abhängigkeit von der Umsetzungsintensität (als Maßstab für die Breite und Tiefe des mit der Umsetzung verbundenen Eingriffs in das System) bis zur Zielerreichung ausgeschöpft werden. Mit diesem Modellansatz wird versucht, sich bereits bei der Bestimmung der Marktanteile intensiv und technologiespezifisch mit den jeweils zu erwartenden Hemmnissen auseinanderzusetzen, die unter Umständen technisch möglichen und aus Nachhaltigkeitsüberlegungen heraus wünschenswerten Entwicklungen im Wege stehen könnten. Die einzelnen, zur Zielerfüllung verfügbaren Optionen stehen im WI-Modellsystem damit nicht nur im wirtschaftlichen Wettbewerb miteinander, sondern sie konkurrieren zudem hinsichtlich ihrer Umsetzbarkeit. Dieser Simulationsansatz des WI wird mit spezifischen Optimierungsansätzen in Submodellen kombiniert, z. B. einer komponentenscharfen Abbildung der Gebäudesanierungsmöglichkeiten.

(1282) Ein **Vergleich der beiden Modellsysteme** zeigt, dass im IER-Modell die Kostenparameter entscheidende Bedeutung für die Szenarienergebnisse haben. Die bereitstehenden technischen Optionen werden vom Optimierungsalgorithmus unter dem Blickwinkel der Kostenoptimierung ausgewählt. Im Modell des WI wird auf der Basis von Expertenschätzungen eine eher maßnahmengetriebene, gesamtsystemare Lösung gesucht, in der in sich langfristig konsistente Maßnahmenbündel abgeleitet werden. In vorgelagerten Submodellen werden dabei die Entscheidungen über den Anlagenmix getroffen. Grundlagen hierfür sind ein konkretes, den Szenarienvorgaben folgendes Maßnahmenbündel und Überlegungen über einen kontinuierlichen (politikgesteuerten) Marktaufbau (Technologieentwicklung).

(1283) Die Modellrechnungen folgen grundsätzlich der Strategie, diejenigen Optionen zur Treibhausgas (THG)-Reduktion zuerst umzusetzen, die mit den geringsten Mehrkosten verbunden sind bzw. die die höchsten Kosteneinsparungen erbringen. Bei diesen Berechnungen wird auf Basis der gesamtwirtschaftlichen Kosten argumentiert; Steuern und Subventionen werden nicht betrachtet.

(1284) Ein Beispiel soll dieses Vorgehen verdeutlichen: Wird im Reduktionsszenario ein verbrauchsoptimiertes Fahrzeug anstelle eines in der Referenz angenommenen Durchschnittsfahrzeugs eingesetzt, dann werden dessen Investitionsmehrkosten (gegenüber dem Durchschnittsfahrzeug) ohne Mehrwertsteuer in Ansatz gebracht. Von diesen Mehrkosten werden die Einsparungen an Kraftstoff (im Vergleich zum Referenzfahrzeug) über die gesamte Lebensdauer des Fahrzeugs abgezogen, wobei mögliche Unterschiede in der Lebensdauer zwischen den beiden Fahrzeugen berücksichtigt werden. Dabei wird der Kraftstoff ebenfalls zu Kosten ohne Steuern (also mit rund 20 Cent statt 1 €) bewertet. Zwischen gesamtwirtschaftlichen und einzelwirtschaftlichen Kosten können also erhebliche Unterschiede bestehen.

(1285) In der realen Welt spielen Steuern und andere Instrumente eine entscheidende Rolle, um das individuelle Verhalten zu lenken, das sich an einzelwirtschaftlichen Kalkülen orientiert. In der Modellwelt wird von diesen Steuern (und Subventionen) abstrahiert, um THG-Reduktionsstrategien zu entwickeln, die unter gesamtwirtschaftlichen Aspekten kostengünstig sind. Wie die daraus resultierenden Mehr- oder Minderbelastungen letztlich unter den Mitgliedern der Gesellschaft verteilt werden, hängt dann wiederum entscheidend von den eingesetzten Instrumenten (z. B. Steuern, Abgaben, Zertifikate etc.) ab. Wenn in den nachfolgenden Szenarienbeschreibungen Hinweise auf verhaltenslenkende Instrumente gemacht werden, so haben diese erläuternden Charakter. Gerechnet wurde immer mit den gesamtwirtschaftlichen Ansätzen.

5.1 Beschreibung der Zielszenarien

(1286) Gemeinsames Merkmal aller Zielszenarien soll die Reduktion der Treibhausgasemissionen um 80 % relativ zu 1990 und die Simulation relativ zum Referenzszenario sein. Die Enquete-Kommission hat einstimmig beschlossen, dass im Rahmen der Szenarienerstellung auch Minderheiten die Möglichkeit haben sollten, die von ihnen als mögliche zukünftige Entwicklung betrachteten Rahmenbedingungen in einem Szenario durchrechnen zu lassen. Eine große Mehrheit der Kommission möchte mit dem Szenario „REG/REN-Offensive“ eine Welt abbilden, in der die Energieversorgung soweit wie möglich auf die Stützpfeiler forcierter Effizienz (REN) und erneuerbarer Energieträger (REG) gestellt wird. Die Arbeitsgruppe der CDU/CSU und FDP möchte mit dem Szenario „Fossil-nuklearer Energiemix“ eine Welt berechnen lassen, in der die Energieversorgungsstruktur gegenüber der heutigen im Wesentlichen unverändert bleibt und der Zubau von Kernkraftwerken weiterhin erlaubt ist. Ein weiterer Teil der Kommission wollte untersuchen, inwieweit durch verstärkte Nutzung der Potenziale der Umwandlungseffizienz die Klimaschutzziele erreicht werden können. In diesem Szenario schien es angebracht, auch CO_2-Endlagerung als Bestandteil des Szenarios zuzulassen. Zwei Minderheitenpositionen drücken sich in den beiden Varianten zum RRO-Szenario aus. In der einen wird ein sofortiger Kernenergieausstieg angenommen („Schneller Atomausstieg“). In der anderen wird untersucht, ob in Deutschland eine Vollversorgung auf der Basis erneuerbarer Energien möglich ist („Solare Vollversorgung“).

(1287) Bestandteil des Beschlusses war auch, alle Hauptszenarien und die Variante „Schneller Atomausstieg“ auf der Basis abgeglichener Daten von den beiden Instituten WI und IER in Modellkonkurrenz rechnen zu lassen. Da der von dem Konsortium vorgelegte Datensatz von der Kommission nicht akzeptiert wurde, entwickelte die Kommission mit Unterstützung der Institute einen Basisdatensatz, der die Vergleichbarkeit der Szenarien untereinander sicherstellen sollte. Die CDU/CSU-Fraktion konnte diesen Datensatz nicht mittragen und legte einen eigenen Basisdatensatz vor. Er weicht vom Mehrheitsdatensatz in der Bewertung der Kosten und der Kostenentwicklung der erneuerbaren Energien und der Kernenergie ab. Mit diesem anderen Basisdatensatz wurden die Hauptszenarien von IER ein weiteres Mal modelliert. Dieser zusätzliche Basisdatensatz und die damit durchgeführten Berechnungen stellen einen guten Test der Szenarien auf ihre Sensitivität gegenüber unterschiedlichen Kosten und Kostenentwicklungen dar. Damit sind von der Kommission insgesamt 14 Szenarien und Varianten untersucht worden. Für die Zielszenarien wurden viele Grundannahmen des Referenzszenarios (vgl. Kapitel 4.2) übernommen. Insbesondere beruhen sie auf den gleichen Annahmen über Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum, Wohnraumentwicklung, Gesamtverkehrsleistung und Energieträgerpreise. Diese sind in Tabelle 4-4 dargestellt. Aus diesen Größen ergibt sich auch die Gesamtnachfrage nach Energiedienstleistungen, die für alle Szenarien konstant gehalten wird. Die Szenarien unterscheiden sich jedoch grundsätzlich in der Beantwortung der Frage, welcher End- und Primärenergieverbrauch notwendig ist und welche Technologien und Energieträger genutzt werden, um diese konstanten Energiedienstleistungen zu erbringen.

(1288) Weiterhin werden noch einige andere Vorgaben für alle Zielszenarien beibehalten: Die Stromerzeugung muss nach der Vorgabe der Kommission in allen Szenarien (mit Ausnahme des REG-Stromimports) in Deutschland erfolgen. Der Anteil am Stromverbrauch, der aus fossilen Kraftwerken gewonnen wird, wird per Saldo vollständig in Deutschland erzeugt. Der Gesamtanteil heimischer Energieträger an der Energieversorgung wird nicht festgeschrieben. Nur für den Anteil einiger heimischer Energieträger – also Braunkohle, deutsche Steinkohle und erneuerbare Energien – werden detaillierte Vorgaben gemacht: Der deutschen Braunkohle wird für die Jahre 2010 und 2020 ein Mindestanteil von 500 bzw. 200 PJ zugestanden. Der heimischen Steinkohle wird angesichts der notwendigen hohen Subventionen sogar nur für 2010 ein Mindestverbrauch von 300 PJ gesichert. Diese Zielvorgaben hält die Kommission für sinnvoll, um den Strukturwandel in diesem Bereich sozialverträglich zu gestalten. In späteren Jahren muss sich die heimische Braun- und Steinkohle im Wettbewerb mit Importkohle und Erdgas sowie zuneh-

mend mit den erneuerbaren Energien bei der effizienten Stromerzeugung bewähren.

(1289) Die Verteilung der Verkehrsnachfrage auf verschiedene Verkehrsträger (Modal Split) ist bei den Zielszenarien gegenüber der Referenz geändert worden. Bei den Szenarien „Umwandlungseffizienz“ und „REG/REN-Offensive“ wurde sie extern vorgegeben, und nur beim Szenario „Fossil-nuklearer Energiemix“ in der IER-Simulation ergibt sie sich als Ergebnis der Modellrechnung.

(1290) Alle Zielszenarien folgen einer immanent konsistenten „Szenarienphilosophie“, die im Folgenden dargestellt wird. Bei der Umsetzung dieser Philosophie für die Modellierung ist es notwendig, die jeweilige Szenarienphilosophie in wenigen Rahmendaten wiederzugeben. Solche Rahmenvorgaben sind beispielsweise Quoten für bestimmte Energieträger oder -technologien, ordnungspolitische Vorgaben, z. B. für die Wärmeschutzstandards an Gebäuden oder Trendfortschreibungen. Diese Maßnahmen werden in den Modellen unterschiedlich implementiert. Tabelle 5-1 stellt die Rahmendaten im Überblick dar. Welche Rahmenbedingungen für die einzelnen Strategien zu setzen sind, um sie energiewirtschaftlich sozial und ökonomisch nachhaltig zu gestalten, wird in Kapitel 6 diskutiert werden.

5.1.1 Szenario „Umwandlungseffizienz“ (UWE)

(1291) Das Szenario „Umwandlungseffizienz“ zielt darauf ab, dass die Effizienzpotenziale insbesondere im Umwandlungssektor verstärkt genutzt werden, um Klimaschutzziele und Kernenergieausstieg gleichzeitig zu erreichen. Bei der Entwicklung der Vorgaben für dieses Szenario ließ sich die Enquete-Kommission von der Überlegung leiten, dass sich die hier vermuteten Zielkonflikte in Chancen für die deutsche Wirtschaft verwandeln lassen. Das heißt, die gewählte Nachhaltigkeitsstrategie der Umwandlungseffizienz soll diejenigen Energieinnovationen fördern, welche die vorhandene (fossile) heimische Wirtschaft effizienter und damit auch im internationalen Wettbewerb leistungsfähiger werden lassen.

(1292) Das Szenario stellt beispielhaft eine technikorientierte Entwicklung mit marginalen Eingriffen in die bestehenden Strukturen dar. Derzeitige Entwicklungen in den Verstromungstechnologien, auf den Rohstoffmärkten, bei den Standards für Energieeffizienz und in der öffentlichen Meinung werden – unterstützt von Annahmen über die Technologien der Zukunft – langfristig fortgeschrieben. Die öffentliche Hand geht in einem gewissen Umfang vorbildhaft voran (z. B. durch verstärkte Initiierung

Tabelle 5-1

Rahmendaten

Zielszenarien					
Zielszenario 1	„Umwandlungseffizienz“				
Zielszenario 2	„REG/REN-Offensive“				
Zielszenario 3	„Fossil-nuklearer Energiemix“				
Veränderung energiebedingter Treibhausgase gegenüber 1990:					
	2010	2020	2030	2040	2050
	– 21 %	– 35 %	– 50 %	– 65 %	– 80 %
In allen Szenarien identisch					
– Nachfrage nach Energiedienstleistungen					
– Energiepreise auf internationaler Ebene					
– Stromimportsaldo					
Rahmendaten			**2000**	**2020**	**2050**
Bevölkerung (Mio.)			82	81	68
BIP (Mrd. DM)			3956	5636	7802
Wohnfläche (Mio. m^2)			3308	4142	3972
Verkehrsleistung					
Mrd. Pkm			968	1138	1027
Mrd. tkm			483	732	964

kommunaler Energiekonzepte, Bezug grünen Stroms, Erhöhung der Effizienz eigener Anlagen usw.).

5.1.1.1 Versorgungsstruktur

(1293) Das Szenario „Umwandlungseffizienz“ ist im Wesentlichen ein angebotsorientiertes Szenario. Dies gilt auch für die Stromerzeugung. Die Nutzung der Kernenergie soll in diesem Referenzszenario gemäß der Vereinbarung zwischen der Bundesregierung und den Kernkraftwerksbetreibern vom 14. Juni 2000 sowie der darauf fußenden Novelle des Atomgesetzes vom 27. April 2002 auslaufen. Der Kraftwerkspark wird im Rahmen des bereits 2005 anlaufenden Reinvestitionszyklus, der durch das allmähliche Auslaufen der Kernenergie verstärkt wird, kontinuierlich mit Anlagen in Deutschland erneuert. Bei der Energieumwandlung und -nutzung werden gegenüber dem im Referenzszenario zu Grunde gelegten Trend verstärkt moderne Technologien mit hoher Energieeffizienz eingesetzt.

(1294) Dabei spielt auch die effiziente Kraft-Wärme-Kopplung eine zentrale Rolle. Die bestehenden Anlagen werden sukzessive durch neue Anlagen mit einer höheren Stromkennzahl ersetzt. Heizwerke in der Industrie werden durch Heizkraftwerke substituiert. Die Stromerzeugung erfolgt im Jahr 2050 zu mindestens 40 % in KWK-Anlagen. Dies ist doppelt so viel wie im Referenzszenario und bedeutet, dass die KWK ihren Anteil an der Stromerzeugung gegenüber heute in etwa vervierfacht. In anderen europäischen Staaten wie den Niederlanden oder Dänemark ist dieser Anteil von 40 % heute schon in etwa erreicht beziehungsweise sogar deutlich überschritten. Vor allem dezentrale Anlagen werden hier in Zukunft eine größere Rolle spielen. Auch Brennstoffzellen auf der Basis von Erdgas gewinnen bei der Raumwärmebereitstellung und bei der dezentralen Stromerzeugung an Bedeutung.

(1295) Trotz höherer Effizienz bei Strombereitstellung geht die Kommission davon aus, dass der Widerspruch zwischen der Nutzung fossiler Brennstoffe und dem Klimaschutz ohne CO_2-Abtrennung und -Entsorgung nicht gänzlich aufgehoben werden kann, insbesondere bei der mit hohen spezifischen CO_2-Emissionen belasteten Kohleverstromung. Umgekehrt könnte, falls sich die CO_2-Endlagerung technisch darstellen lässt, die Kohle mittelfristig eine Bedeutung im Energiemix Deutschlands behalten und so als „Brücke zur nachhaltigen Energiewirtschaft“ dienen. Kohle hat gegenüber den anderen fossilen Energien Vorteile: Deutschland verfügt über beträchtliche eigene Kohleressourcen, von denen insbesondere die Braunkohle unter wirtschaftlich vertretbaren Bedingungen förderbar ist. Weltweit sind mittelfristig ausreichende Steinkohle-Ressourcen vorhanden, so dass eine Verknappung nicht zu befürchten ist. Deshalb wird eine Clean-Coal-Strategie (IGCC und Druckkohlenstaubfeuerung) verfolgt, verbunden mit der Abtrennung von CO_2 im Bereich großer Kraftwerke und Heizkraftwerke sowie Kohlevergasungsanlagen. Derartige Anlagen sind heute im Forschungs- bzw. Entwicklungsstadium (vgl. Kapitel 4.3.5).

(1296) Die Kommission geht davon aus, dass in einem solchen Szenario die energiewirtschaftlichen Akteure in Deutschland derartige Technologien zügig zur Marktreife entwickeln. Für die Deponierung des abgetrennten CO_2 soll auf mittelfristig und langfristig ausreichende Kapazitäten in Europa zurückgegriffen werden. Diese Annahme wird von einer Mehrheit der Kommission als sehr optimistisch eingeschätzt.

(1297) Den erneuerbaren Energien wird in diesem Szenario bis 2050 noch keine überragende Rolle zugemessen. Der Ausbau der regenerativen Energien zur Stromerzeugung wird im Wesentlichen wie im Referenzszenario vorgegeben – sie erreichen im Jahr 2050 mindestens 20 % an der Nettostromerzeugung (WI) bzw. am Nettostromverbrauch (IER). Allerdings sollen die erneuerbaren Energiequellen hier anders als im Referenzszenario bereits im Jahr 2010 einen Anteil von mindestens 12,5 % an der Stromerzeugung erreichen und damit die Vorgaben der EU-Kommission erfüllen.[7] Fortgeschrittene Methoden des Lastmanagements erlauben einen deutlich steigenden Anteil fluktuierender regenerativer Energiequellen an der Stromerzeugung von mindestens 30 %.

(1298) Der Import von Strom aus erneuerbaren Energien könnte die verminderten Anstrengungen in Deutschland kompensieren ohne die Treibhausbilanz negativ zu beeinflussen. Im Ausland herrschen stellenweise günstigere Bedingungen für ihre Entwicklung als in Deutschland (Windenergie an Küsten, solarthermische Kraftwerke in sonnenreichen Ländern). Dennoch wird der Import zunächst als vernachlässigbar angesehen und soll auch im Jahr 2050 nicht mehr als 10 % des Strombedarfs ausmachen. Diese enge Begrenzung wurde gewählt, um der heimischen Energieerzeugung einen möglichst großen Stellenwert zu sichern.[8]

5.1.1.2 Energienutzung

(1299) Ebenso wichtig wie die Umwandlungseffizienz ist nach Ansicht der Kommission die Steigerung der Effizienz auf der Nutzerseite, wie in Kapitel 4.3 ausführlich dargestellt. Im Wärmemarkt, aber auch im Strommarkt, werden Energieeinsparungen im Wesentlichen durch eine kostenorientierte Ausschöpfung der Einsparpotenziale erzielt. Im Industriebereich werden Energieeinsparmaßnahmen bei Strom und Prozesswärme gemäß ihrer Kostengünstigkeit verstärkt umgesetzt. Sehr hohe unausgeschöpfte Effizienzpotenziale und gleichzeitig einen hohen Anteil am Endenergieverbrauch bietet der Altbaubestand. Es ist deshalb besonders bedeutsam, dass die Sanierungsrate im Gebäudebestand gegenüber dem Referenzszenario deutlich erhöht wird. Als Erfahrungswert müssen in einem Jahr im Mittel etwa 2,5 % der Altbauten ohnehin saniert

---

[7] Europäische Union (2001j): Richtlinie 2001/77/EG (ABl. EG L283/33 ff.).

[8] Es ist allerdings zu hinterfragen, ob im Jahr 2050 diese Abgrenzung noch Sinn machen wird. In Deutschland genutzter Wind- oder Solarstrom aus EU-Ländern wie Schweden oder Spanien dürfte, weiteres Zusammenwachsen der EU vorausgesetzt, dann hierzulande kaum mehr als Stromimport gelten. Es ist davon auszugehen, dass dann auch Importabhängigkeit nur noch sinnvoll für die EU zu definieren sein wird.

werden. Im Referenzszenario wird davon ausgegangen, dass rund 20 % dieser Gebäude auch energetisch optimiert werden. Das bedeutet jährlich eine energetische Sanierung von 0,5 % des Gesamtbestandes. Das Szenario „Umwandlungseffizienz“ setzt hier Raten von 1,5 % des Gesamtbestandes (WI) bzw. steigend von 1,0 % im Jahr 2010 bis auf 2,5 % im Jahr 2050 (IER) an. In der Lesart des IER wird mithin am Endpunkt der Entwicklung im Jahr 2050 praktisch jedes Gebäude, das ohnehin saniert werden muss, auch energetisch optimiert.

(1300) Die Mindestanforderungen bei Neubauten und Altbausanierung werden wie im Referenzszenario gegenüber der heute gültigen Energieeinsparverordnung (EnEV) noch einmal deutlich auf Niedrigenergiehaus-Niveau reduziert. Im Jahr 2050 ist das Niveau damit doppelt so streng gesetzt wie heute (EnEV minus 50 %).

(1301) Auch im per se dezentralen Wärmemarkt bleiben in diesem Szenario weiterhin fossile Energien dominant. Allerdings liegt auch das Schwergewicht des Biomasse-Einsatzes und der Geothermienutzung auf der Wärmeseite. Zunächst findet dieser Einsatz in Einzelanlagen statt, später kommt Biomasse auch vermehrt in Nahwärmesystemen zum Zuge.

5.1.1.3 Verkehr

(1302) Im Verkehrsbereich wird der Modal Split von der Kommission vorgegeben und erkennbar zu energiesparenderen Verkehrsträgern (auch zum nichtmotorisierten Verkehr) verlagert (vgl. Tabelle 5-2).

(1303) Tabelle 5-3 stellt die Vorgaben in Bezug auf den Kraftstoffverbrauch des Verkehrs dar. Um die Erreichung der Klimaschutzziele zu unterstützen, werden vermehrt biogene Kraftstoffe eingesetzt, die im Jahr 2030 einen Anteil von mindestens 12 % erreichen. Fahrzeuge mit erdgasbasierten Brennstoffzellenantrieben haben höhere Marktanteile als im Referenzszenario. Eine Mindestquote für Wasserstoff als Treibstoff für Busse oder Flugzeuge wird jedoch – im Gegensatz zu Szenario RRO – nicht vorgegeben. Das Effizienzpotenzial wird bei allen Fahrzeugen zu signifikanten Anteilen ausgeschöpft.

Tabelle 5-2

Vorgaben zum Modal Split im Szenario „Umwandlungseffizienz“

Personenverkehr in Mrd. Pkm	2010	2020	2030	2040	2050
Übergang von MIV in Richtung ÖSPV	1 %	2 %	4 %	6 %	8 %
Übergang von MIV in Richtung Bahnen	1 %	2 %	3 %	5 %	7 %
Übergang MIV in Richtung nicht-mot. Verkehr	1 %	2 %	3 %	4 %	5 %
Übergang Flug in Richtung Bahn	0 %	1 %	2 %	4 %	6 %

Güterverkehr in Mrd. tkm	2010	2020	2030	2040	2050
Übergang Straße fern in Richtung Bahn	1 %	2 %	3 %	5 %	8 %
Übergang Straße fern in Richtung Schiff	1 %	2 %	3 %	5 %	7%

Tabelle 5-3

Vorgaben für den Flottenverbrauch im Szenario „Umwandlungseffizienz“

	2010	2020	2030	2040	2050
Flottenverbrauch neuer Pkw in L/100 km	6,0	5,0	4,0	3,5	3,0
Effizienzsteigerung bei Bussen (gegenüber Ref.)	5 %	8 %	11 %	14 %	17 %
Effizienzsteigerung bei Straße fern (gegenüber Ref.)	5 %	8 %	11 %	14 %	17 %
Anteil Biomasse an Treibstoffen	6 %	12 %	12 %	absolut gleichbleibend	absolut gleichbleibend
Anteil Wasserstoff-betriebener Busse	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Anteil Wasserstoff-betriebener Flugzeuge	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %

5.1.2 Szenario „REG/REN-Offensive“ (RRO)

(1304) Im Szenario „REG/REN-Offensive“ stellt die Kommission die Energieversorgung verstärkt auf die Stützpfeiler forcierter Effizienz (REN) und erneuerbarer Energieträger (REG). Die Kombination dieser beiden Strategien ermöglicht es, die Nettoemissionen an CO_2 und die Risiken für die menschliche Gesundheit simultan nachhaltig zu minimieren. Dabei war es der Kommission wie in allen anderen Szenarien wichtig, die Nachfrage nach Energiedienstleistungen konstant zu halten, also keine Einschnitte in den Verbrauchssektoren in Kauf zu nehmen, aber trotzdem durch die systematische Verbesserung der erneuerbaren Energietechnologien und der Effizienzpotenziale – die ja nach den Ausführungen in Kapitel 4 noch wesentliche Anteile des heutigen Energieverbrauchs darstellen – einen exklusiven Wettbewerbsvorteil für deutsche Technologien und Know-How-Träger zu erarbeiten. Dies gilt auch für Kenntnisse im Managementbereich und „business models“, wie dem Energiedienstleistungsprinzip, das sich unter den Annahmen des Szenarios „REG/REN-Offensive“ durchsetzt. Die REG/REN-Strategie ist zudem bestens geeignet, um die Vorbildfunktion, die Deutschland in der Klimapolitik weltweit erfüllt, weiter zu stärken und auszubauen.

(1305) Das Szenario „REG/REN-Offensive“ sieht daher vor, den Anteil der erneuerbaren Energiequellen auf mindestens 50 % im Jahre 2050 auszubauen, mit der Perspektive einer regenerativen Vollversorgung im Jahr 2100. Weil die gesteigerte Energieeffizienz gleichzeitig zur absoluten Reduktion von Primär- und Endenergieverbrauch gegenüber dem Referenzszenario führt, sollte das Ziel, die Treibhausgasemissionen um – 80 % in 2050 gegenüber 1990 zu reduzieren, damit ohne weitere Annahmen erreichbar sein. Effizienzgewinne sind dabei vor allem in den Verbrauchssektoren, aber soweit möglich auch im Energiesektor selbst, durch Verringerung der Umwandlungsverluste zu erzielen. In Varianten zum Szenario „REG/REN-Offensive“ wird untersucht, ob auch schon im Jahr 2010 auf Kernkraft verzichtet werden kann, beziehungsweise inwieweit bereits im Jahr 2050 der Energiebedarf vollständig auf der Basis regenerativer Energieträger gedeckt werden kann.

(1306) Im Szenario „REG/REN-Offensive“ ist ein grundlegender Strukturwandel im Energiesektor erforderlich. Auch wenn dieser nicht direkt und quantitativ in den Modellvorgaben der Kommission festgelegt wird, ergibt sich doch aus der niedrigen Energiedichte der erneuerbaren Energieträger ein automatischer Trend zur verteilten und verbrauchsnahen Erschließung und Umwandlung von Energie. Die öffentliche Hand soll hier beispielgebend für andere Akteure vorangehen, z. B. durch verstärkte Initiierung kommunaler Energiekonzepte, Bezug grünen Stroms, Effizienzerhöhung und energetische Sanierung eigener Liegenschaften. Zusätzlich ergeben sich Systemveränderungen, die zu deutlichen Verschiebungen in den Aufgabenfeldern aller Akteure führen. Trotzdem werden im Folgenden die Einzelvorgaben des Szenarios entlang der traditionellen Aufteilung zwischen Versorgung und Nutzung diskutiert.

5.1.2.1 Versorgungsstruktur

(1307) Für erneuerbare Energieträger wird von der Kommission ein expliziter Ausbaupfad vorgegeben. Während für das Jahr 2010 das EU-Ziel von 12,5 % des Stromverbrauchs aus regenerativen Quellen gedeckt werden soll, soll dieser Anteil bis 2020 auf 20 % steigen. Von da an soll in jeder Dekade ein zusätzliches Zehntel des Stromverbrauchs aus erneuerbaren Quellen bereitgestellt werden. Es wird angenommen, dass im Jahr 2010 noch keine Importkapazitäten für regenerativ erzeugten Strom aus dem europäischen Ausland zur Verfügung stehen, dass diese aber nach und nach ausgebaut werden, so dass alle 10 Jahre ein weiteres Zwanzigstel des Stromverbrauchs auch durch importierten „grünen“ Strom gedeckt werden kann. Auch der Anteil der erneuerbaren Energien am gesamten Energieverbrauch soll sich bis 2050 auf 50 % steigern, wobei er jedoch zunächst langsamer, ab 2030 dann schneller steigen soll.

(1308) Wie in der Referenz und im Szenario „Umwandlungseffizienz“ wird die Kernkraft gemäß der Atomgesetznovelle vom 27. April 2002 auslaufen. Die Stromimportbilanz für fossilen und nuklearen Strom soll ausgeglichen sein. Die Vorgaben für einheimische Kohlenutzung werden wie in den anderen Zielszenarien gegenüber der Referenz auf ein Minimum zurückgefahren. Abtrennung und Speicherung von Kohlendioxid sind nicht zulässig. Für den Anteil der Energiebereitstellung aus gekoppelter Produktion von Strom und Wärme werden keine Vorgaben gemacht.

5.1.2.2 Energienutzung

(1309) Im Industriebereich werden Energieeinsparungen bei Strom und Prozesswärme ebenfalls verstärkt umgesetzt. Maßgeblich ist ihre Kostenstruktur. Modelltechnisch wird in diesem Szenario die Begrenzung der Energieeffizienzsteigerung aus dem Referenzszenario aufgehoben.

(1310) Die Mindestanforderungen bei Neubauten und Altbaurenovierung werden wie im Referenzszenario gegenüber der derzeit gültigen Energieeinsparverordnung noch einmal deutlich verschärft. Im Referenzszenario wird bereits ein Niedrigenergiehausniveau angenommen, das im Jahr 2050 doppelt so streng sein wird wie heute (EnEV minus 50 %). Hier zeichnet die Szenarienvorgabe direkt eine ordnungspolitische Intervention vor. Darüber hinaus wird im Szenario RRO die Sanierungsrate von Altbauten, die im Referenzszenario 2,5 % beträgt, um 30 % erhöht. Bei der Sanierung von Altbauten wird ein gegenüber heute erhöhter aber konstanter (WI) bzw. ein innerhalb des Modellierungszeitraumes steigender Anteil (IER) auch energetisch optimiert, so dass pro Jahr 2 % (WI) bzw. 1 bis 2,5 % (IER) des Altbaubestandes zum Niedrigenergiestandard übergehen.

5.1.2.3 Verkehr

(1311) Auch im Verkehrssektor, für den im Referenzszenario die höchsten Zuwächse an CO_2-Emissionen vorhergesagt werden, gibt es Vorgaben. Insbesondere wird im Szenario RRO angenommen, dass von dem beträcht-

lichen Anteil an Kurzfahrten unter 1 km Länge im Jahre 2050 80 Mrd. Personenkilometer mehr mit nichtmotorisierten Verkehrsmittel zurückgelegt werden (vgl. Tabelle 5-4). Bei WI werden auch die Auslastungsgrade sowohl im Güter- als auch im Personenverkehr erhöht.

(1312) Das Effizienzpotenzial wird bei allen Fahrzeugen zu signifikanten Anteilen ausgeschöpft. Neu zugelassene Fahrzeuge im Jahr 2050 haben somit einen durchschnittlichen Verbrauch von 3 Litern Benzinäquivalenten. Es werden vermehrt biogene Kraftstoffe eingesetzt, die im Jahr 2030 einen Anteil von mindestens 15 % erreichen und deren Verbrauch danach absolut konstant bleiben soll. Zusätzlich wird nun auch Wasserstoff eingesetzt, in Bussen für mindestens 25 % der Fahrleistung, in Flugzeugen für mindestens 5 % (vgl. Tabelle 5-5).

5.1.2.4 Varianten

(1313) Unter dem Eindruck der Terroranschläge vom 11. September wurden zusätzlich zu diesem Szenario „REG/REN-Offensive“ noch zwei Varianten gerechnet, die untersuchen sollten, inwieweit es energiewirtschaftlich möglich ist, die Verletzlichkeit und die Risiken des deutschen Energiesystems kurz- bzw. langfristig zu verringern.

(1314) Zur kurzfristigen Risikovermeidung wurde eine Szenariovariante so angelegt, dass ein vollständiger Ausstieg aus der Atomkraft nicht erst im dritten Jahrzehnt dieses Jahrhunderts erfolgt, sondern bereits im Jahr 2003 („Schneller Ausstieg“, RRO-V3). Die modelltechnische Umsetzung ließ eine solche Vorgabe frühestens für das Jahr 2010 zu. Um auf die Strommengen aus den Kernkraftwerken verzichten zu können, sollen alle bestehenden Kraftwerksreserven mobilisiert und nach Möglichkeit neue Kapazitäten zugebaut werden. Falls dies nicht ausreicht, um die Lücke zu schließen, kann auch konventionell erzeugter Strom ausnahmsweise aus dem Ausland importiert werden. Für diesen Strom wird ein Preis von 5 Ct./kWh angesetzt. Die Gutachter weisen allerdings darauf hin, dass sie entsprechend große Stromimportmengen zu diesem Preis als kurzfristig nicht auf dem Markt verfügbar einschätzen. Die Variante wurde von beiden Instituten in Modellkonkurrenz gerechnet.

Tabelle 5-4

Vorgaben zum Modal Split im Szenario „REG/REN-Offensive“

Personenverkehr in Mrd. Pkm	2010	2020	2030	2040	2050
Übergang von MIV in Richtung ÖSPV	2 %	4 %	7 %	10 %	12 %
Übergang von MIV in Richtung Bahnen	2 %	4 %	7 %	9 %	11 %
Übergang MIV in Richtung nicht-mot. Verkehr	1 %	3 %	5 %	8 %	10 %
Übergang Flug in Richtung Bahn	2 %	4 %	6 %	8 %	10 %

Güterverkehr in Mrd. tkm	2010	2020	2030	2040	2050
Übergang Straße fern in Richtung Bahn	3 %	5 %	8 %	11 %	15 %
Übergang Straße fern in Richtung Schiff	1 %	2 %	4 %	7 %	10 %

Tabelle 5-5

Vorgaben zum Kraftstoffverbrauch für Szenario „REG/REN-Offensive“

	2010	2020	2030	2040	2050
Flottenverbrauch neuer Pkw in (l/100km)	6,0	5,0	4,0	3,5	3,0
Effizienzsteigerung bei Bussen (gegenüber Ref.)	5 %	10 %	15 %	20 %	25 %
Effizienzsteigerung bei Straße fern (gegenüber Ref.)	5 %	10 %	15 %	20 %	25 %
Anteil Biomasse an Treibstoffen	6 %	12 %	15 %	absolut gleichbleibend	absolut gleichbleibend
Anteil Wasserstoff-betriebener Busse	0 %	2 %	6 %	12 %	24 %
Anteil Wasserstoff-betriebener Flugzeuge	0 %	0 %	1 %	2 %	5 %

(1315) In der zweiten Variante „Solare Vollversorgung“ (RRO-V2) soll die gesamte Energieversorgung bis 2050 auf die Basis von erneuerbaren Energiequellen gestellt werden. Das erfordert sowohl zusätzliche Effizienzmaßnahmen als auch eine Reduktion des Einsatzes fossiler Rohstoffe auf das von nichtenergetischen Anwendungen bedingte Minimum. In diesem Szenario wird zusätzlich zum Import regenerativ erzeugten Stroms auch der Import CO_2-frei erzeugten Wasserstoffs erlaubt. Diese Variante wurde nur von IER modelliert.

5.1.3 Szenario „Fossil-nuklearer Energiemix“ (FNE)

(1316) Im Szenario „Fossil-nuklearer Energiemix“ bleibt die Energieversorgung gegenüber der heutigen im Wesentlichen unverändert. Unter Nachhaltigkeitsgesichtspunkten bleibt als einzige Einschränkung der allen Zielszenarien gemeinsame Reduktionspfad für Treibhausgasemissionen. Wichtigstes Merkmal dieses Szenarios ist die Möglichkeit zum Ausbau der Kernenergie in Deutschland.

(1317) Das Szenario ist dadurch gekennzeichnet, dass die ökologischen Nachhaltigkeitsziele möglichst nur unter Nutzung der Steuerungsmechanismen von Märkten erreicht werden sollen. Die Energiepolitik hat hier allein die Aufgabe, die Rahmenbedingungen so zu setzen, dass liberalisierte Märkte und nicht der Staat die Technologien bestimmen. Ökologische Lenkungssteuern werden abgeschafft.

(1318) Die öffentliche Hand geht bei der Ausschöpfung von kostengünstigen Nachhaltigkeitspotenzialen beispielhaft voran.

5.1.3.1 Versorgungsstruktur

(1319) Die Möglichkeit zum Bau von Kernkraftwerken nach 2010 ist in diesem Szenario gegeben. Kernenergie stellt sogar eine der wesentlichen Säulen des Energiesystems dar. Im Rahmen dieses Szenarios wird angenommen, dass keinerlei soziale oder politische Hemmnisse den Ausbau hindern. Es wird weiterhin angenommen, dass für den notwendigen Brennstoffkreislauf ausreichende Transportmöglichkeiten vorliegen, dass diese Transporte national und international ungestört ablaufen und dass für die anfallenden radioaktiven Abfälle genügend Endlager zur Verfügung stehen. Es wurde auch angenommen, dass ein solcher Kernenergiepfad keine preissteigernde Wirkung auf die Kosten hat. Die Mehrheit der Kommission hält keine dieser Annahmen für realistisch.

(1320) Der Nettoimport von konventionell erzeugtem Strom wird wie in allen Szenarien ausgeschlossen. Für die heimischen Kohlen werden die Mindestmengen stark reduziert. Effiziente Kohlekraftwerke stehen zur Verfügung. CO_2-Abtrennung und -Speicherung sind explizit erlaubt. Die Nutzung beider Technologien ergibt sich aus finanziellen Effizienzabwägungen.

(1321) Im Bereich der Kraft-Wärme-Kopplung ist vor allem der Ersatz bestehender Anlagen durch effizientere Neuanlagen mit höherer Stromkennzahl sowie die Verdichtung der Nutzung in bestehenden Gebieten von Bedeutung. Bei industriellen Großverbrauchern werden verstärkt ineffiziente Heizwerke durch Heizkraftwerke ersetzt. Blockheizkraftwerke und Brennstoffzellen werden nach Kostengesichtspunkten ausgebaut. Eine explizite, quantitative Vorgabe zum Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung ergeht jedoch nicht.

(1322) Der Ausbau der erneuerbaren Energien erfolgt bis 2010 wie in der Referenz. Der weitere Ausbau ist abhängig von den Kosten im Vergleich zu den anderen zur Verfügung stehenden Energietechnologien. Ein Import von regenerativen Energieträgern oder regenerativ erzeugtem Strom ist – soweit wirtschaftlich – möglich. Wärme aus erneuerbaren Quellen wird, entsprechend ihrer Kosten im Vergleich zu den anderen zur Verfügung stehenden Technologien, zur CO_2-Reduktion genutzt.

5.1.3.2 Energienutzung

(1323) Maßnahmen zur Energieeinsparung in allen Bereichen werden in dem Umfang umgesetzt, wie sie kostengünstig sind. Kosteneffiziente Ausschöpfung der Potenziale von Technologien mit höheren Umwandlungswirkungsgraden und Effizienzverbesserungsmöglichkeiten durch Steigerung der Anlagenleistung werden bewusst ausgenutzt.

(1324) Explizite Vorgaben zur Verschärfung der Energieeinsparverordnung oder zur Sanierungsrate im Altbestand werden nicht gemacht. Die Rate der energetischen Sanierung steigt bei IER in 0,5 %-Schritten pro Dekade d. h. auf 2,5 % in 2050; bei WI verbleibt sie konstant bei 1,3 %, liegt damit aber immer noch deutlich höher als heute. Es wird angenommen, dass dies „natürliche“ Raten der energetischen Sanierung sind, die nicht von einer ordnungspolitischen Intervention oder Informationskampagnen unterstützt werden. Die Umsetzung der Potenziale erfolgt nach Kostenkriterien.

5.1.3.3 Verkehr

(1325) Der Modal Split im Szenario „Fossil-nuklearer Energiemix“ wurde von IER nach ökonomischen Kriterien optimiert; WI übernahm hier die Vorgaben für das Szenario „Umwandlungseffizienz“ (vgl. Tabelle 5-2). In beiden Fällen ergeben sich daher Veränderungen gegenüber dem Referenzszenario.

5.1.4 Überblick über die Szenarienannahmen

(1326) Tabelle 5-6 stellt die Szenarienvorgaben im Überblick zusammen.

5.2 Vergleichende Diskussion der Ergebnisse der Zielszenarien

(1327) Im Folgenden werden die Ergebnisse der Szenarienstudie unter den Aspekten des Endenergieverbrauchs, des Primärenergieverbrauchs, der Ausbaupfade der einzelnen Technologien sowie der Kosten der verschiedenen Szenarien vergleichend dargestellt.

Tabelle 5-6

Alle Szenarienvorgaben im Überblick

	Zeit-punkte	Umwandlungseffizienz	REG-/REN-Offensive	Fossil-nuklearer Energiemix
Nachfrage nach EDL		wie Referenz	wie Referenz	wie Referenz
THG-Reduktionspfad[a]	2010	– 21 %	– 21 %	– 21 %
	2020	– 35 %	– 35 %	– 35 %
	2030	– 50 %	– 50 %	– 50 %
	2040	– 65 %	– 65 %	– 65 %
	2050	– 80 %	– 80 %	– 80 %
CO_2-Abscheidung/-Deponierung		zulässig [b]	nicht zulässig	zulässig [b]
Energiebereitstellung				
Nutzung der Kernenergie		gemäß Vereinbarung vom 14. Juni 2000	gemäß Vereinbarung vom 14. Juni 2000	Weiternutzung bestehender und Zubau neuer Kernkraftwerke möglich [c]
Nutzung heimischer Steinkohle (in PJ)	2010	> 300	> 300	> 300
	2020	keine Vorgabe	keine Vorgabe	keine Vorgabe
	ab 2030	keine Vorgabe	keine Vorgabe	keine Vorgabe
Nutzung heimischer Braunkohle (in PJ)	2010	> 500	> 500	> 500
	2020	> 200	> 200	> 200
	ab 2030	keine Vorgabe	keine Vorgabe	keine Vorgabe
Importsaldo konventionell erzeugten Stroms		0 %	0 %	0 %
REG-Anteil Strom[d]	2010	> 12,5%[e]	> 12,5 %[e]	> 12,5%[e]
	2020	mind. wie Referenz	> 20,0 %	keine Vorgabe
	2030	mind. wie Referenz	> 30,0 %	
	2040	mind. wie Referenz	> 40,0 %	
	2050	mind. wie Referenz	> 50,0 %	
REG-Anteil am Primär-energieverbrauch[f]	2010	mind. wie Referenz	> 4,0 %	keine Vorgabe
	2020	mind. wie Referenz	> 8,0 %	
	2030	mind. wie Referenz	> 16,0 %	
	2040	mind. wie Referenz	> 33,0 %	
	2050	mind. wie Referenz	> 50,0 %	
Ausbau Kernkraftwerke[g, h]	2010	> 20,0 %	keine Vorgabe	keine Vorgabe
	2020	> 22,5 %		
	2030	> 28,0 %		
	2040	> 34,0 %		
	2050	> 40,0 %		
Import von REG-Strom[i]	2010	kein Potenzial	kein Potenzial	kein Potenzial
	2020	mind. wie Referenz, bis zu 2,5 %	mind. wie Referenz, bis zu 5,0 %	keine Vorgabe
	2030	mind. wie Referenz, bis zu 5,0 %	mind. wie Referenz, bis zu 10 %	
	2040	mind. wie Referenz, bis zu 7,5 %	mind. wie Referenz, bis zu 15 %	
	2050	bis zu 10 %	bis zu 20 %	
Effizienzmaßnahmen				
Allgemein		verstärkt gegenüber Referenz	verstärkt gegenüber Referenz	Ausschöpfung kosten-effizienter Potenziale
Mindestanforderungen Neubau	ab 2002	mind. wie Referenz	mind. wie Referenz	keine Vorgabe
	2020	mind. wie Referenz	mind. wie Referenz	
	2030	mind. wie Referenz	mind. wie Referenz	
	2050	mind. wie Referenz	mind. wie Referenz	
Mindestanforderungen Altbaurenovierung	ab 2002	mind. wie Referenz	mind. wie Referenz	keine Vorgabe
	2020	mind. wie Referenz	mind. wie Referenz	
	2030	mind. wie Referenz	mind. wie Referenz	
	2050	mind. wie Referenz	mind. wie Referenz	
Sanierungsrate Altbau		Referenz + 30 %	Referenz + 30 %	

noch Tabelle 5-6

	Zeit-punkte	Umwandlungseffizienz		REG-/REN-Offensive		Fossil-nuklearer Energiemix	
		WI	IER	WI	IER	WI	IER
Umsetzungsrate Altbau Wohngebäude	bis 2010	1,5 %/a	1,0 %/a	2,0 %/a	1,0 %/a	1,3 %/a	1,0 %/a
	bis 2020	1,5 %/a	1,5 %/a	2,0 %/a	1,5 %/a	1,3 %/a	1,5 %/a
	bis 2030	1,5 %/a	2,0 %/a	2,0 %/a	2,0 %/a	1,3 %/a	2,0 %/a
	nach 2030	1,5 %/a	2,5 %/a	2,0 %/a	2,5 %/a	1,3 %/a	2,5 %/a
Verkehr							
Modal-Split		höherer Anteil nicht-motorisierter Verkehr		nochmals höherer Anteil nicht-motorisierter Verkehr		höherer Anteil nicht-motorisierter Verkehr	
		gegenüber Referenz veränderter Modalsplit (festgelegt)		gegenüber Referenz weiter veränderter Modalsplit (festgelegt)		verschieden[j]	
Auslastungs- und Besetzungsgrad Pkw		wie Referenz		wie Referenz		wie Referenz	
Güterverkehr bei WI		15 % verbessert		15 % verbessert		15 % verbessert	
Güterverkehr bei IER		wie Referenz		wie Referenz		wie Referenz	
Mindestanteil der Biomasse an den Treibstoffen	2010	6 %		6 %		keine Vorgabe	
	2020	12 %		12 %			
	2030	12 %		15 %			
	ab 2040	absolut gleichbleibend		absolut gleichbleibend			
Mindestanteil der mit Wasserstoff betriebenen Busse	2010	keine Vorgabe		0 %		keine Vorgabe	
	2020			2 %			
	2030			6 %			
	2040			12 %			
	2050			24 %			
Mindestanteil der mit Wasserstoff betriebenen Flugzeuge	2010	keine Vorgabe		0 %		keine Vorgabe	
	2020			0 %			
	2030			1 %			
	2040			2 %			
	2050			5 %			

a Mindestveränderung gegenüber 1990;

b bei Stein- u. Braunkohle-Kraftwerken, Steinkohle-Heizkraftwerken, Wasserstoffproduktion aus Steinkohle;

c WI: Bestand mit 32 Volllastjahren, Bau neuer Kernkraftwerke ab 2010; IER: Bestand mit 40 Volllastjahren, Bau neuer Kernkraftwerke ab 2010 (max. 1,5 GW/a bis 2020, max. 3,0 GW/a nach 2020), Einsatz nuklearer Wärme nach 2030;

d Nettostromerzeugung (WI) bzw. Nettostromverbrauch (IER);

e EU-Ziel;

f Wirkungsgradmethode, WI ohne Bilanzierung der Umgebungswärme;

g Richtlinie AGFW 308;

h Anteil an Nettostromerzeugung bei WI, am Nettostromverbrauch bei IER;

i Anteil am Nettostromverbrauch bei WI, Anteil am Bruttostromverbrauch bei IER;

j WI: wie Umwandlungseffizienz; IER: keine Vorgabe.

(1328) Im Vordergrund der Betrachtung stehen die Hauptszenarien „Umwandlungseffizienz“ (UWE), „REG/REN-Offensive“ (RRO) und „Fossil-nuklearer Energiemix“ (FNE). Auf die Variantenrechnungen wird nur an den Stellen eingegangen werden, an denen diese einen auffallend abweichenden Verlauf aufweisen. Besonders im Abschnitt „Ausbaupfade der verschiedenen Energieträger“ wird auf die Logik der Szenarien und die Wahrscheinlichkeit der dargelegten Entwicklung eingegangen. Im Abschnitt 5.2.3 werden die unterschiedlichen und teilweise von den Vorgaben der Kommission abweichenden Berechnungsverfahren für Kosten dargestellt.

5.2.1 Endenergieverbrauch

(1329) In allen Zielszenarien und Varianten wird weniger Energie verbraucht als im Referenzszenario – wenn auch in unterschiedlicher Ausprägung. Die Bandbreite der gegenüber dem Referenzwert von 1998 realisierten Reduktionspotenziale reicht in den Hauptszenarien von 26,5 % bis 45,4 % (vgl. Tabelle 5-7, Abbildungen 5-2, 5-3).

(1330) Für alle Szenarien zeigen die Modellergebnisse des WI in den Nachfragesektoren höhere Effizienzgewinne als das IER-Modell. Besonders auffällig ist aber der Unterschied im zeitlichen Verlauf. Während in den

Tabelle 5-7

Endenergieverbrauch in den Szenarien in 2050 in PJ absolut, per capita und per BIP im Vergleich zu 1998

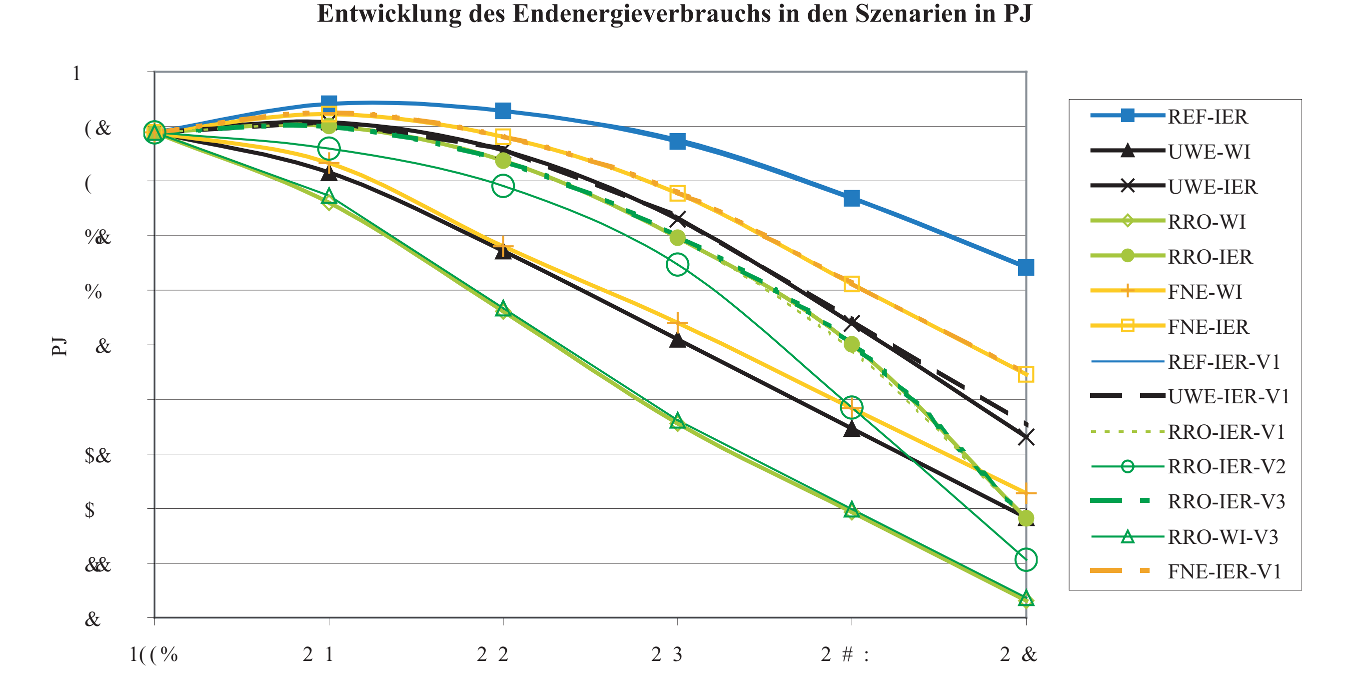
1998: 9 444 PJ = 100 %		UWE 2050		RRO 2050		FNE 2050	
		WI	IER	WI	IER	WI	IER
Endenergie-verbrauch	[PJ]	5 918	6 656	5 156	5 910	6 140	7 229
	[%, 1998]	62,7	70,5	54,6	62,6	65,0	76,5
per capita	[GJ/cap]	87,3	98,2	76,1	87,2	90,6	106,6
	[%, 1998]	75,8	85,2	66	75,7	78,6	92,6
per BIP	[TJ/Mrd. DM]	781,3	878,7	680,8	780,3	810,6	954,5
	[%, 1998]	30,4	34,1	26,5	30,3	31,5	37,1

Modellen des WI ein stetiger, fast linearer Rückgang des Endenergieverbrauchs über den gesamten Zeitraum erfolgt – also die Erschließung der Potenziale unmittelbar beginnt und im Weiteren gleichmäßig fortgesetzt wird –, zeigen die Modelle des IER nach einem Anstieg bis etwa 2010 eine sich permanent beschleunigende Erschließung der Potenziale zur Effizienzsteigerung (Abbildung 5-1). Der unterschiedliche zeitliche Ablauf in den Rechnungen des WI und des IER führt dazu, dass in der Spitze eine Differenz im Energieverbrauch von etwa 1 700 PJ im Jahr 2030 der beiden Berechnungen für das RRO-Szenario vorhanden ist. Die insgesamt größte Spreizung liegt zwischen dem FNE-Szenario des IER und dem RRO-Szenario des WI; hier beträgt die Differenz im Jahr 2030 etwa 2 100 PJ. Zum Ende hin konvergieren die Szenarien wieder. Bedeutsamer als die maximale Differenz ist jedoch der kumulierte Gesamtenergieverbrauch innerhalb des Betrachtungszeitraums, der natürlich durch stetigen Abbau des jährlichen Verbrauchs stark reduziert wird.

(1331) Die Effizienzgewinne sind bei beiden Instituten im Szenario „REG-/REN-Offensive“ (RRO) am stärksten ausgeprägt (Abbildung 5-4). Hier macht sich bemerkbar, dass aufgrund der strukturellen Annahmen in diesem Szenario sowohl ein erhöhter Anreiz als auch eine erhöhte Notwendigkeit für Effizienzsteigerungen geschaffen werden (z. B. bleibt Stromerzeugung in Kohlekraftwerken mit CO_2-Abscheidung oder in Kernkraftwerken außen vor) und deshalb, z. B. durch verstärkte Forschung und Entwicklung, besondere Anstrengungen zur Ausschöpfung der

Abbildung 5-1

Entwicklung des Endenergieverbrauchs in den Szenarien in PJ



Effizienzpotenziale unternommen werden. Während das RRO-Szenario des WI einen Rückgang des Endenergieverbrauchs um ca. 45 % liefert, sind es beim IER-Modell etwa 37 %. Trotz einer gegenüber dem Ansatz der RRO-Szenarien durchgehend als geringer angenommenen Effizienzsteigerung im Szenario „Umwandlungseffizienz“ (UWE), liefert das WI-Modell einen etwa dem RRO-Szenario des IER vergleichbaren Rückgang des Endenergieverbrauchs.

(1332) Wegen der strukturellen Annahmen (z. B. niedrige Stromgestehungskosten bei Kernenergie) wird im Szenario „Fossil-nuklearer Energiemix“ (FNE) die geringste Effizienzsteigerung erreicht.

Abbildung 5-2

Absoluter Endenergieverbrauch in den Szenarien im Jahr 2050 in PJ

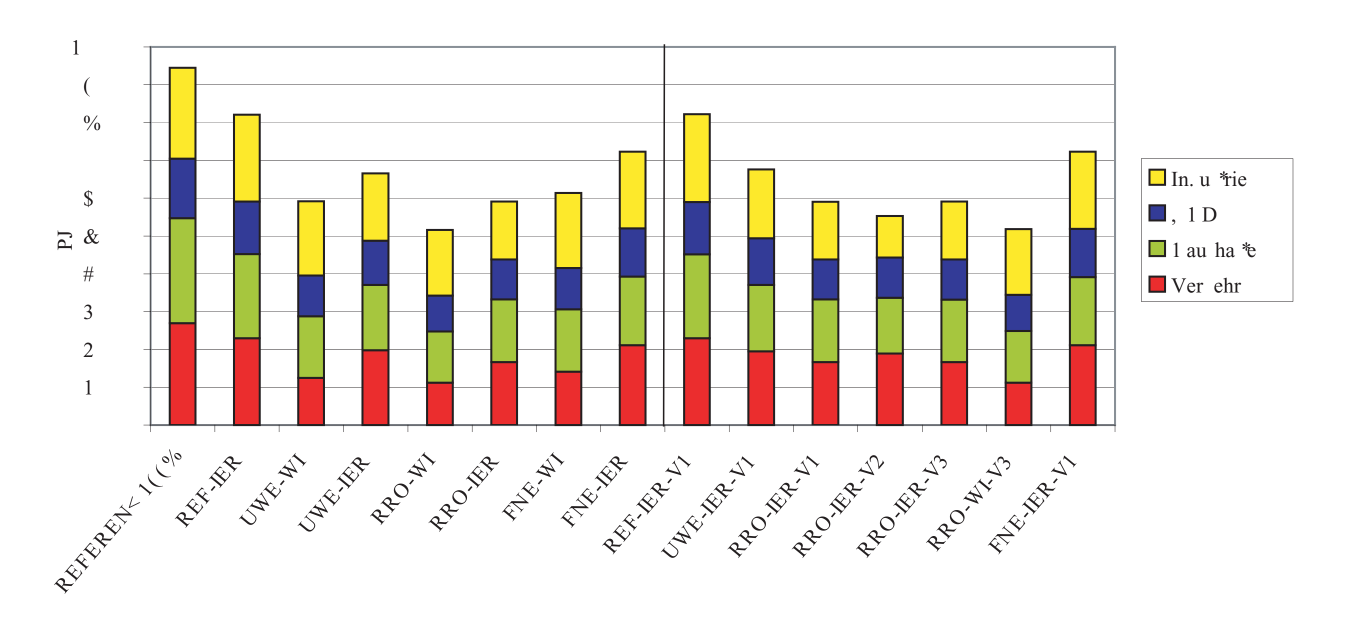
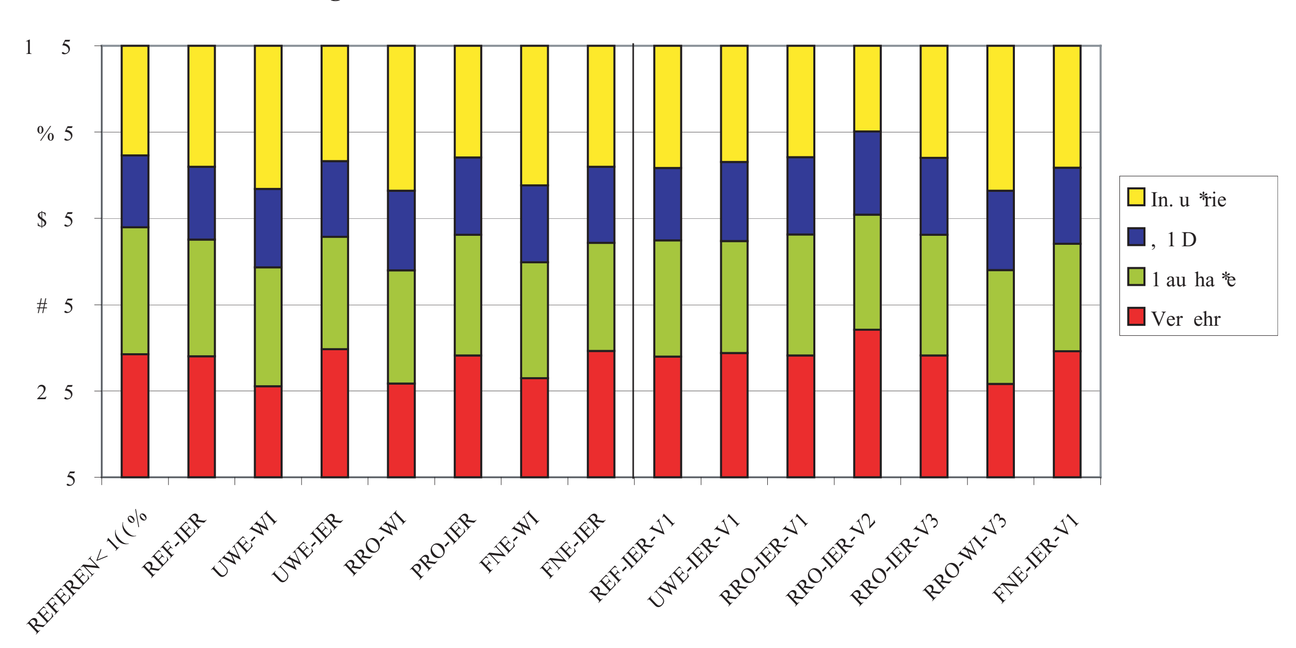


Abbildung 5-3

Endenergieverbrauch nach Sektoren in den Szenarien, im Jahr 2050 in %



(1333) Die Szenarien stimmen darin überein, dass der Anteil der Haushalte am Endenergieverbrauch tendenziell sinken wird und die Anteile von Industrie und Kleinverbrauch tendenziell steigen werden. Deutliche Unterschiede in der Ausprägung dieses Trends treten zwischen den Instituten im industriellen Sektor auf. Hier liefern die Modelle des WI – in Relation zu der Referenz von 1998 – durchgehend einen starken Anstieg des Anteils am Endenergieverbrauch (Zuwachs: 7 % bis 8,2 %), während die Modellrechnungen des IER einen Anstieg von 0,5 % bis 2,6 % ergeben und damit tendenziell unter dem Wert des Referenzszenarios (plus 2,6 % gegenüber 1998) bleiben.

(1334) Eine – auch in der Tendenz – deutlich unterschiedliche Beurteilung findet im Verkehrssektor statt. Hier zeigen die Rechnungen des WI, bezogen auf die Referenz von 1998, einen starken Rückgang des Anteils am Endenergieverbrauch. Die Modelle des IER liefern dagegen ein uneinheitliches Bild, das von Steigerungen um 1,2 % bis zu Reduktionen um 0,3 % reicht und somit unter der im Referenzszenario aufgezeigten Verminderung des Anteils (0,5 %) bleibt.

(1335) Die Unterschiede im quantitativen Verlauf des Endenergieverbrauchs spiegeln die unterschiedlichen Einschätzungen der wirtschaftlichen Einsparpotenziale in den verschiedenen Sektoren wider. Ein grundsätzlicher Unterschied ist darin zu sehen, dass WI – mit Ausnahme des Industriebereichs – die rentablen Einsparpotenziale höher einschätzt als IER und diese auch entsprechend früher ausschöpft.

(1336) Im Verkehrsbereich kommen unterschiedliche Annahmen über die Veränderung der Auslastung im Güterverkehr hinzu. Hier geht IER von gegenüber der Referenz unveränderten Bedingungen aus; bei WI erhöht sich die Auslastung gegenüber der Referenz um 15 % mit entsprechenden Folgen für den spezifischen Treibstoffverbrauch.

5.2.1.1 Private Haushalte

(1337) Der Endenergieverbrauch der privaten Haushalte geht zwischen 1998 und 2050 um 34,7 % bis 40,5 % (IER) bzw. 40,6 % bis 51,3 % (WI) zurück (Abbildungen 5-5, 5-6).

(1338) Auch hier bringt der zeitliche Verlauf der Entwicklung die grundsätzlichen Unterschiede zwischen den Modellen des WI und des IER zum Ausdruck. Wie schon beim gesamten Endenergiebedarf deutlich wurde, werden die Einsparpotenziale in der Simulation des WI von Anfang an realisiert. In den Modellen des IER wird im Bereich der privaten Haushalte erst ab etwa 2020 mit einem Rückgang des Energieverbrauchs gerechnet. Während die erwarteten Reduktionen in allen Szenarien – auch im zeitlichen Verlauf – deutlich unter der Referenz bleiben, weichen die Zielwerte im Jahr 2050, besonders im RRO-Szenario, teils deutlich voneinander ab. Auch führen die Differenzen, im zeitlichen Verlauf der Entwicklung über den gesamten Zeitraum betrachtet, zu stark unterschiedlichen Resultaten für den Energieverbrauch.

1. Wärme

(1339) Wesentlichen Anteil an den Energieeinsparungen gegenüber der Referenzentwicklung haben energetisch verbesserte Gebäude. In den Zielszenarien werden die Potenziale in diesem Bereich insbesondere durch gegenüber der Referenz angehobene Sanierungsraten im Altbaubereich ausgenützt. Im Referenzszenario beträgt die Gesamtsanierungsrate bei den Wohngebäuden 2,5 %/a. Bei 20 % dieser Gebäude, d. h. 0,5 % des Gebäudebestandes pro Jahr, werden innerhalb des Sanierungszyklus auch wärmetechnische Sanierungen durchgeführt.

Abbildung 5-4

Endenergieverbrauch pro Einheit Bruttoinlandsprodukt in den Szenarien in PJ/Mrd. Euro

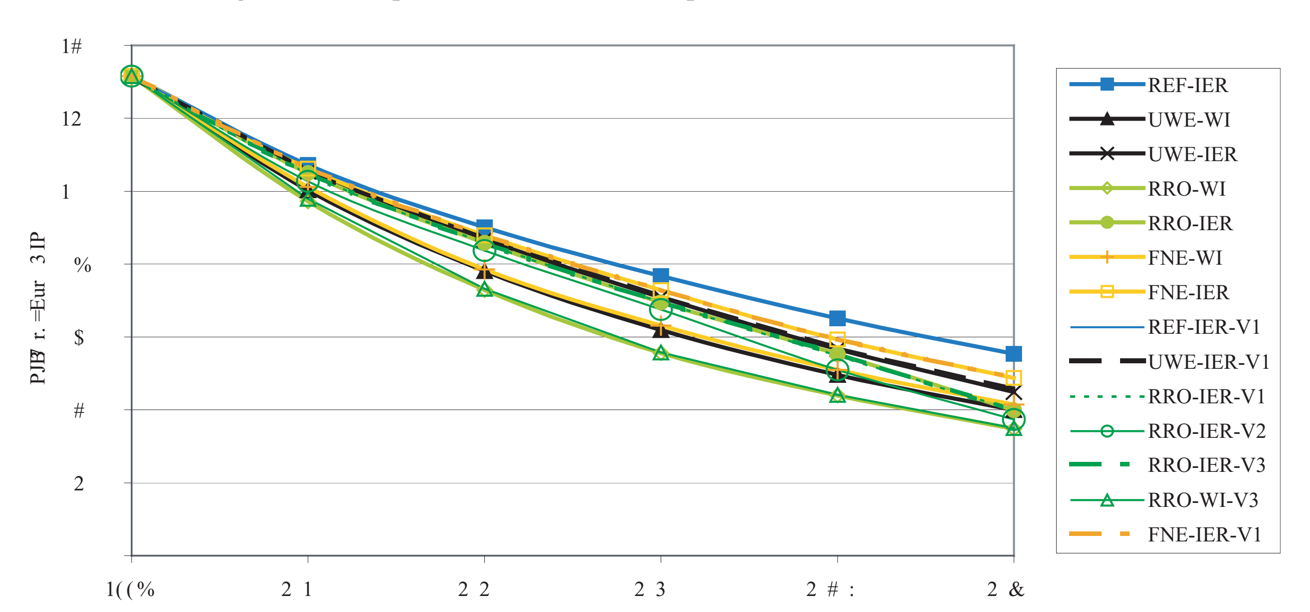


Abbildung 5-5

Entwicklung des Endenergieverbrauchs im Haushaltssektor der verschiedenen Szenarien in PJ

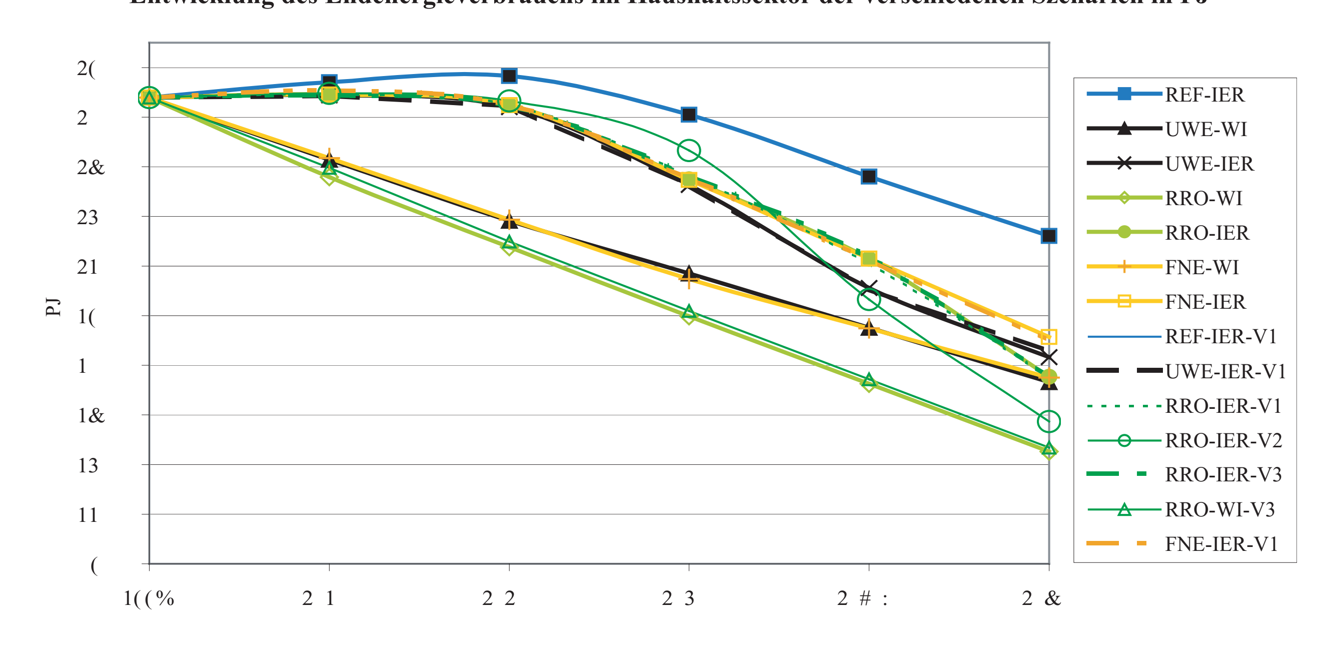
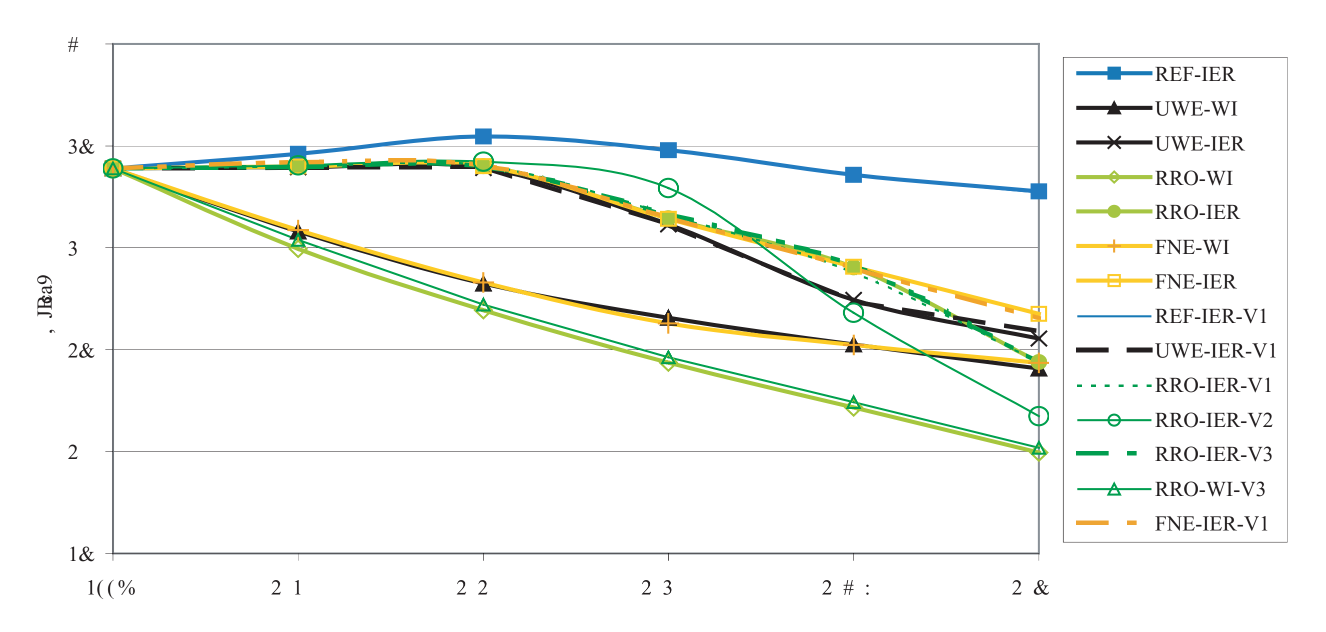


Abbildung 5-6

Entwicklung des Endenergieverbrauchs pro Kopf im Haushaltssektor der verschiedenen Szenarien in GJ/Kopf



(1340) IER rechnet in den Szenarien bis 2010 mit einer Verdoppelung der energetischen Sanierungen gegenüber dem Referenzszenario und einer weiter steigenden Sanierungsintensität im Folgezeitraum bis 2050 auf das bis zu Fünffache. Das WI rechnet schon im Zeitraum bis 2010 mit einer höheren Sanierungsrate. Gegenüber der Referenzentwicklung entsprechen die Sanierungsintensitäten bei WI im FNE-Szenario mehr als einer Verdoppelung und bis zu mehr als dem dreifachen Wert im RRO-Szenario.

(1341) Unterschiedliche Annahmen treffen die Studiennehmer auch in Bezug auf die dynamische Entwicklung der Potenziale: WI nimmt im Gegensatz zu IER an, dass durch zunehmende Praxiserfahrung die Maßnahmen zur

Gebäudedämmung einer Kostendegression unterliegen. Neben den umfangreichen Sanierungsmaßnahmen trägt auch die Errichtung immer verbrauchsärmerer neuer Gebäude bei beiden Instituten zu einer Reduzierung des Endenergiebedarfs für die Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser bei. Auch die rückläufige Bevölkerungsentwicklung spielt eine signifikante Rolle.

2. Strom

(1342) Die Ausstattung der Haushalte mit Elektrogeräten entspricht den Annahmen für das Referenzszenario. Allerdings weisen die Zielszenarien eine deutlich stärkere Verbesserung der Geräteeffizienz auf als die Referenz. Primär werden dabei besonders wirtschaftliche Einsparoptionen erschlossen, wie z. B. die Reduzierung der Standby-Verbräuche oder die Verringerung der spezifischen Stromverbräuche von Beleuchtung und Gefriergeräten.

(1343) Diese Effizienzsteigerungen führen zusammen mit dem Bevölkerungsrückgang dazu, dass der Stromverbrauch für den Betrieb der Elektrogeräte trotz steigender Geräteausstattung der Haushalte zwischen 1998 und 2050 um 35,2 % bis 43,3 % (IER) bzw. 41,3 % bis 46,5 % (WI) zurückgeht.

(1344) Der Stromverbrauch für andere Anwendungszwecke in den privaten Haushalten geht in den RRO- und UWE-Szenarien des WI um 60 % bis 61,4 % zurück. Der Rückgang ist damit stärker ausgeprägt als im Referenzszenario. Ein Grund liegt im starken Rückgang der Nutzung elektrischer Energie zur Wärmebereitstellung, besonders bei Nachtspeicherheizungen, die im RRO-Szenario zügig abgebaut werden. Bei IER findet eine stärkere Substitution fossiler Brennstoffe durch Strom statt. Folgerichtig ist der Rückgang im Elektrizitätsverbrauch mit 22,4 % (UWE) bzw. 40,9 % (RRO) deutlich geringer als bei WI.

(1345) Ein abweichendes Bild liefert das FNE-Szenario, bei dem auch bei WI aber noch stärker bei IER eine massive Substitution fossiler Energieträger durch Strom stattfindet. Bei WI beispielsweise werden die derzeit in rd. 6 % der Wohnfläche bestehenden Nachtspeicherheizungen dauerhaft weiterbetrieben. Als Folge dieser Substitution steigt der Stromverbrauch in den Haushalten um 9 % (WI) bzw. 43,8 % (IER).

3. Regenerative Energien

(1346) Im Lauf der Zeit gewinnen die regenerativen Energien insbesondere für Wärmeanwendungen in den privaten Haushalten zunehmend an Bedeutung. Das gilt sowohl für Solarkollektoranlagen – zur Brauchwassererwärmung und längerfristig auch zur Bereitstellung von Raumwärme – als auch für Anlagen zur Biomassenutzung in Einzelheizungen (IER) oder auch in Nahwärmenetzen (WI), die längerfristig besonders im RRO-Szenario des WI zum Einsatz kommen. Daneben wird Umgebungswärme mit Hilfe von Wärmepumpen bei WI mit deutlich ansteigendem Anteil nach 2020 (je nach Szenario bis zu mehr als 20 % Marktanteil in 2050) genutzt.

(1347) Neben den regenerativen Energien wird Wasserstoff als neuer treibhausgasfreier Energieträger auch direkt in den Haushalten eingesetzt. Bei IER erfolgt in den privaten Haushalten die Nutzung in kleinen dezentralen KWK-Anlagen (Brennstoffzellen). Bei WI wird ein Teil des erzeugten Wasserstoffs an zentralen Punkten in das Erdgasnetz eingespeist, um in dieser Form auch für die Nutzung in privaten Haushalten zu Zwecken der Raumwärme- und Warmwassererzeugung verfügbar zu sein.

5.2.1.2 Gewerbe, Handel, Dienstleistungen

(1348) Im Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen verringert sich der Energieverbrauch zwischen 1998 und 2050 um 19,2 % bis 32,9 % (IER) bzw. 30,7 % bis 39,7 % (WI).

(1349) In diesem heterogenen Sektor treten die unterschiedlichen Grundannahmen über den zeitlichen Verlauf der Erschließung der Effizienzpotenziale noch deutlicher zu Tage als in den anderen Sektoren. Im Jahr 2000 entfielen 71 % des Endenergieverbrauchs im Sektor GHD auf Wärme (46 % Raumwärme, 10,2 % Warmwasser und 14,8 % Sonstige[9]), also auf einen Bereich mit hohem Einsparpotenzial. Während die Modelle des WI auch hier eine sofort beginnende Erschließung mit eher linearem Verlauf voraussetzen, stagniert diese zwischen 2010 und 2030 bei IER nach einem anfänglich leicht rückläufigen Trend. Erst im weiteren Verlauf ergibt sich ein progressiver Rückgang des Energieverbrauchs; dieser fällt dann jedoch im Mittel der Szenarien deutlich größer aus als bei WI. Eine „Erschließungspause“ der Potenziale zwischen 2010 und 2030 scheint mehr als unwahrscheinlich. Aber besonders der für das letzte Jahrzehnt gezeichnete Verlauf – mit einem Rückgang um etwa 24 % von 2040 bis 2050 – scheint nicht realistisch.

(1350) Besonders deutlich werden die Unterschiede bei einem Vergleich des RRO-Szenarios bei IER und des UWE-Szenarios des WI (vgl. Abbildung 5-7. Die Werte für das Jahr 2050 sind beinahe identisch, beide Institute erwarten hier also gleiche Einsparpotenziale. Die im Vergleich zu WI deutlich hinausgezögerte Erschließung der Einsparpotenziale führt dazu, dass der für das Jahr 2030 errechnete Verbrauch bei IER um ca. 241 PJ höher ausfällt als bei WI. Dafür kommt es im letzten Jahrzehnt des modellierten Zeitraums bei IER zu einer wahren Effizienzexplosion, die dann zu Werten führt, die sogar noch leicht unter denen des WI liegen. Dies ist wenig intuitiv, nachdem schon die Stagnation des Endenergieverbrauchs zwischen 2010 und 2030 nur schwer vermittelbar ist.

(1351) Im FNE-Szenario geht die Erwartung der Institute über den Rückgang des Endenergieverbrauchs in diesem Sektor am weitesten auseinander, allerdings auch hier nur um 180 PJ. Der absolute Wert liegt bei WI in 2050 um etwa 483 PJ unter dem Referenzwert von 1998, bei IER sind es 301 PJ. Die beiden anderen Szenarien weisen demgegenüber einen Rückgang von 501 PJ (UWE) bzw. 626 PJ (RRO) bei WI und 407 PJ (UWE) bzw. 519 PJ (RRO) bei IER auf.

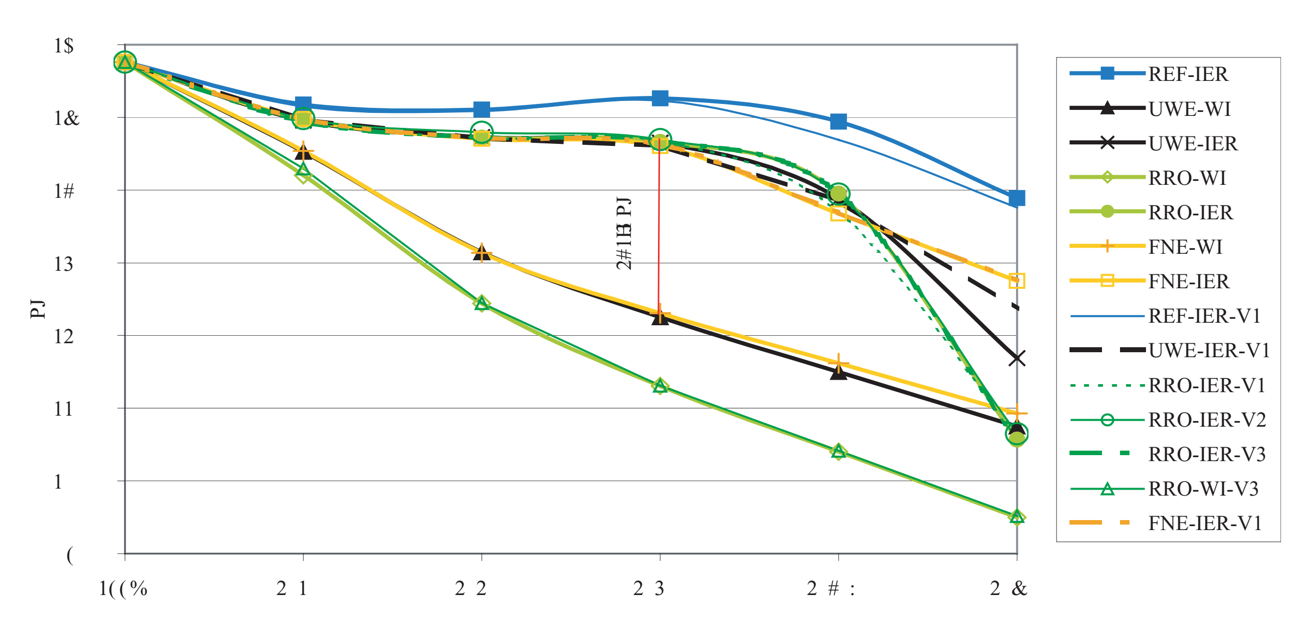
---

[9] VDEW: „Endenergieverbrauch in Deutschland 2000“, Dez. 2001.

Abbildung 5-7



Endenergieverbrauch im Sektor GHD in den Szenarien in PJ



1. Wärme

(1352) Wie weiter oben bereits erwähnt, trägt der Wärmebedarf wesentlich zum Endenergieverbrauch im GHD-Sektor bei. Raumwärme und Warmwasser machten im Jahr 2000 einen Anteil von ca. 56 % aus. Es ist also offensichtlich, dass innerhalb der Verbrauchsstruktur hier die Verringerung des Wärmebedarfs das bedeutendste Einsparpotenzial darstellt. Dementsprechend leisten in den Szenarien Einsparungen im Gebäudebereich, gemäß den Entwicklungen bei den privaten Haushalten, auch im GHD-Sektor den wichtigsten Beitrag zur Reduzierung des Endenergiebedarfs.

2. Strom

(1353) Sowohl bei IER wie bei WI ist die Substitution von Brennstoffen durch Strom im GHD-Sektor ein Element der CO_2-Reduktionsstrategie. Während in den Modellen des IER die starke Ausprägung der Substitution fossiler Brennstoffe durch Strom durchgehend zu einer Steigerung des Stromverbrauchs gegenüber 1998 führt (um 18,8 % in UWE, 9 % in RRO, 38,4 % in FNE), kommt es bei WI nur im FNE-Szenario zu einem Anstieg des Strombedarfs (5,8 %). In den Szenarien UWE und RRO ist ein leichter Rückgang zu verzeichnen (1,8 % in UWE, 11 % in RRO).

(1354) Bei den Stromanwendungen geht WI im RRO-Szenario davon aus, dass bei Neuanschaffungen zu etwa 80 % jeweils marktbeste Geräte und Anlagenkonzepte gewählt werden. Nur noch rund 20 % der Neuanschaffungen sind mittelmäßiger Qualität. Sofern Anlagen aufgrund gestiegener Anforderungen oder Betriebsausweitungen vollständig neu installiert werden, werden die Möglichkeiten der integralen Planung und Optimierung genutzt. WI nimmt an, dass – unterstützt durch entsprechende politische Maßnahmen – nicht nur die technischen Potenziale im Rahmen einer engagierten Einsparstrategie langfristig ausgeschöpft werden können, sondern die Potenziale selbst durch einen sich selbst verstärkenden Effekt (Innovationsdynamik) im Zeitverlauf gegenüber dem heutigen Niveau ausgeweitet werden. Generell nimmt WI an, dass es auch bei einem nach 2020 langsamen Wirtschaftswachstum möglich sein wird, durch eine entsprechende Modernisierungsstrategie die weiterhin bestehenden Effizienzpotenziale zu erschließen.

(1355) Die hohe Stromerzeugung in grundlastfähigen Kernkraftwerken mit sehr günstigen Kostenannahmen führt im FNE-Szenario zu tendenziell niedrigen Strompreisen. Bei beiden Gutachten wird deutlich, dass diese Konstellation Stromeinsparoptionen und Techniken zur Substitution von Strom durch andere Energieträger ökonomisch weniger attraktiv werden lässt. Zudem gewinnen Stromanwendungen mit antizyklischer Zeitkomponente (z. B. Nachtspeicherheizungen) vermehrt an Bedeutung. Insgesamt führt dies zum verstärkten Einsatz von Wärmepumpen, elektrischen Öfen, Klimatisierungseinrichtungen, elektrischen Warmwasserbereitungsanlagen und Elektroheizungen – und zugleich zum jeweils höchsten Primärenergieeinsatz aller Szenarien (vgl. Kapitel 5.2.2). Aus den gleichen Gründen (Ausfüllen von Lasttälern) kommt es am Ende des Betrachtungszeitraums auch zur elektrolytischen Erzeugung von Wasserstoff.

3. Regenerative Energien

(1356) Auch die regenerativen Energien finden ihre Hauptanwendungen im Wärmebereich. Verstärkt werden Wärmepumpen sowohl mit Elektroantrieb als auch mit Gasantrieb eingesetzt. Letztere spielen auch beim WI eine größere Rolle. Umgebungswärme wird verstärkt gewonnen, um fossile Brennstoffe einzusparen. Zusätzlich wird

die Solarenergie auch für die Raumwärmeerzeugung genutzt; darüber hinaus werden Biomasseanlagen stark ausgebaut. In geringerem Umfang wird untiefe Geothermie genutzt.

5.2.1.3 Industrie

(1357) Der Energieverbrauch in der Industrie sinkt bis 2050 im Vergleich zu 1998 um 15,5 % bis 25,8 % (IER) bzw. 17,1 % bis 27,7 % (WI) (vgl. Tabelle 5-8). Da die Industrieproduktion sich im selben Zeitraum mehr als verdoppelt, ist dies gleichbedeutend mit einer Verringerung des spezifischen Verbrauchs um 54,6 % bis 71,8 % (IER) bzw. 62,4 % bis 68 % (WI).

(1358) Bis auf das RRO-Szenario des WI und die Variante „Solare Vollversorgung“ des IER weisen alle Szenarien für den Bereich der Industrie zunächst einen Anstieg des Energieverbrauchs bis etwa 2010 auf (Abbildung 5-8). Meist ist dieser bei IER stärker ausgeprägt als bei WI. Da sich die Annahmen der Institute über die erschließbaren Effizienzpotenziale im Industriesektor nicht so stark unterscheiden wie in den anderen Sektoren, führt die progressive Fortentwicklung der IER-Modelle – im Gegensatz zu dem auch hier annähernd linearen Verlauf bei WI – in den Szenarien UWE und RRO zu insgesamt niedrigeren Zielwerten im Jahr 2050. Die größten Einsparpotenziale im absoluten und spezifischen Energieverbrauch werden in der Variante „Solare Vollversorgung“ aktiviert (Abbildung 5-9). Das FNE-Szenario, das bei WI annähernd identisch zum UWE-Szenario verläuft, liefert bei den Rechnungen beider Institute für das Jahr 2050 eng beieinander liegende Werte.

1. Strom und Wärme

(1359) Der Bereich der Wärmeanwendungen entwickelt sich im Wesentlichen wie im Sektor GHD skizziert. Entsprechend den unterschiedlichen Szenarienphilosophien fällt jedoch die Entwicklung des Stromverbrauchs in der Industrie in den Szenarien unterschiedlich aus.

Tabelle 5-8

Veränderung des Verbrauchs an Endenergie und Strom im Sektor Industrie in den Szenarien

Szenario	Endenergie 2050 gg. 1998 (%)		Stromverbrauch 2050 gg. 1998 (%)	
	WI	IER	WI	IER
UWE	– 18,1	– 25,8	2,0	9,8
RRO	– 27,7	– 36,2	– 7,6	– 22,3
FNE	– 17,1	– 15,5	5,8	38,4

Abbildung 5-8

Endenergieverbrauch im industriellen Sektor der Szenarien in PJ

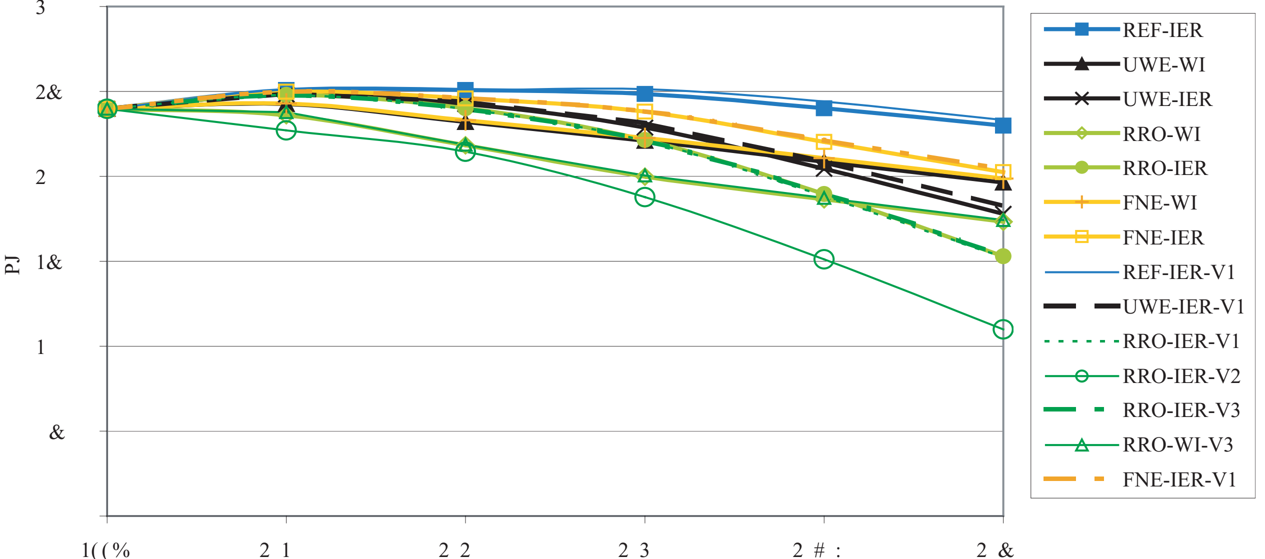
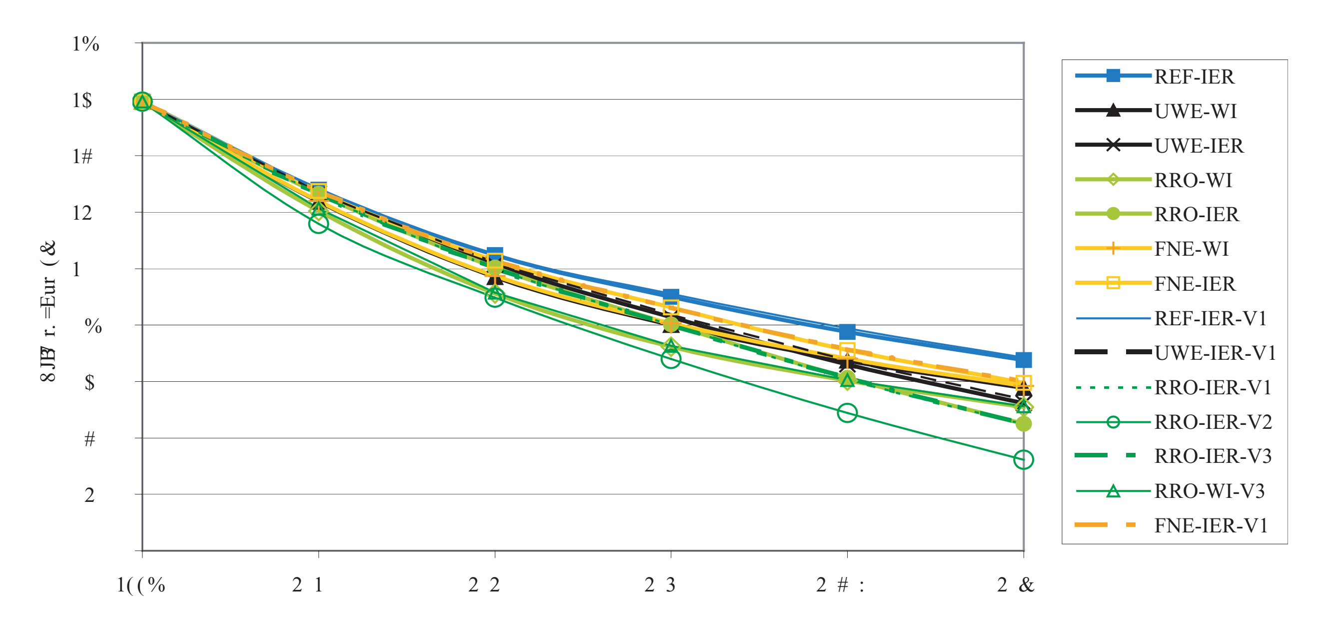


Abbildung 5-9



Spezifischer Endenergieverbrauch pro Einheit Bruttoinlandsprodukt im industriellen Sektor der Szenarien in TJ pro Mrd. Euro



(1360) Prinzipiell zeigt sich auch in der Industrie die Tendenz, Brennstoffe in direkten Anwendungen durch Strom zu substituieren. Dies gilt für die Ergebnisse beider Institute, wobei die Substitutionsstrategie beim IER wiederum stärker ausgeprägt ist. Besonders im FNE-Szenario kommen neben den Optionen, die schon im GHD-Sektor diskutiert wurden, mehr und mehr industrielle Stromanwendungen zum Einsatz, zum Beispiel ORC-Anlagen oder elektrische Schweißanwendungen. In der Grundstoffchemie und in der Metallurgie, beispielsweise in der Stahlherstellung, gewinnen Elektroprozesse gegenüber alternativen Produktionsverfahren an Bedeutung. So sinkt zwar der absolute und spezifische Energieverbrauch des Sektors, die Stromanwendungen steigen aber in den Szenarien UWE und FNE über das Ausgangsniveau (Tabelle 5-8). Im RRO-Szenario ist die Brennstoffsubstitution – insbesondere bei IER – weniger stark ausgeprägt.

2. Energieeinsparung

(1361) In den Szenarien und von den Modellbildnern werden verschiedene Energieeinsparstrategien eingesetzt. Die am wenigsten ambitionierten Einsparungen finden sich bei beiden Instituten in den FNE-Szenarien. Hier werden im Wesentlichen die einzelwirtschaftlichen Effizienzpotenziale umgesetzt. Bei IER z. B. tragen die energieintensiven Branchen „Verarbeitung von Steinen und Erden“, „Grundstoffchemie“ und das Papiergewerbe allein 56 % zur gesamten Verbrauchsminderung in der Industrie bei. Die größten Erfolge bei der Absenkung des spezifi-schen Energieverbrauchs weisen die NE-Metalle und Gießereien sowie die Steine-und-Erden-Industrie und das Papiergewerbe auf.

(1362) Im Szenario „Umwandlungseffizienz“ werden bei WI die in der Industrie auf der Energienachfrageseite vorhandenen einzelwirtschaftlichen Energieeinsparpotenziale ebenfalls weitestgehend ausgeschöpft. Dabei wird jedoch über die Minimalannahmen von FNE hinaus angenommen, dass bestehende Hemmnisse beseitigt werden und die für die einzelnen Industrieunternehmen ökonomisch attraktiven Einsparpotenziale weitgehend aktiviert werden können. Beiträge zur verstärkten Energieeinsparung in der Industrie könnten nach Meinung der Gutachter beispielsweise Informationskampagnen oder die Förderung der Energieeinsparberatung sowie das vermehrte Ausschöpfen innovativer Finanzierungsmechanismen (z. B. Contracting) leisten.

(1363) Bei IER spielt ähnlich wie im Bereich GHD auch in der Industrie die Substitution fossiler Brennstoffe durch Strom eine große Rolle, z. B. neben den oben angesprochenen veränderten Produktionsprozessen beim verstärkten Einsatz von strombetriebenen Wärmepumpen oder industriellen Ökowatts. Daneben wird die Nutzung der Solarenergie sowie der Biomasse intensiviert. Die größten absoluten Beiträge zur Energieeinsparung leisten wiederum die energieintensiven Branchen.

(1364) Da die Stromsubstitution im RRO als Strategie zu kostspielig ist, werden hier im Einklang mit der Szenarienphilosophie noch weiter verstärkt Effizienzpotenziale genutzt. Wie auch im Sektor GHD geht WI bei der Industrie im RRO-Szenario davon aus, dass die bestehenden technischen Energieeinsparpotenziale im Rahmen einer engagierten Einsparstrategie durch einen sich selbst verstärkenden Effekt (Innovationsdynamik) im Zeitverlauf

langfristig volkswirtschaftlich interessant werden und ausgeschöpft werden können. Damit werden die aus heutiger Sicht vorhandenen einzelwirtschaftlichen Energieeffizienzpotenziale bereits bis zum Jahr 2020 weitgehend genutzt. Danach stehen der Annahme der Gutachter zufolge neu geschaffene Möglichkeiten zur weiteren Einsparung zur Verfügung.

(1365) Bei IER wird die Einsparung aufgrund der etablierten einzelwirtschaftlichen Potenziale in den energieintensiven Branchen Verarbeitung von Steinen und Erden, Grundstoffchemie, Papiergewerbe, Metallerzeugung, NE-Metalle und Gießereien sowie Fahrzeugbau erzielt. Diese Branchen tragen mit zwei Dritteln zur gesamten Verbrauchsminderung in der Industrie bei. Die größten Erfolge bei der Absenkung des spezifischen Energieverbrauchs weisen die NE-Metalle und Gießereien (–50 % gegenüber 1998) sowie die Steine-und-Erden-Industrie und das Papiergewerbe (–25 % gegenüber 1998) auf.

5.2.1.4 Verkehr

(1366) Für den Verkehrsbereich führen die Berechnungen von IER und WI zu größeren Unterschieden. Bis 2050 sinkt der Energieverbrauch hier um 21,4 % bis 38 % (IER) bzw. um 47,6 % bis 58,3 % (WI).

(1367) Die Phase bis 2010 im Verkehrssektor ähnelt dem in der Industrie erwarteten Verlauf (Abbildung 5-10). Außer im RRO-Szenario des WI wird in allen Simulationen zunächst ein Anstieg des Energieverbrauchs prognostiziert. Im Szenario RRO-WI wird als einzigem ein freiwilliger Übergang auf sparsamere Fahrzeuge erwartet. Den jeweils ungünstigsten Anfangsverlauf erbringen die Rechnungen für das FNE-Szenario. Im Falle des IER-Modells liegt der Verlauf im Bereich der Referenz, während das Modell des WI Werte im Bereich der UWE- und RRO-Szenarien des IER liefert. Für die Zeit nach 2010 liefert der Ansatz des WI in allen Szenarien eine deutlich höhere Effizienzsteigerung als die entsprechenden Modelle des IER, die sich – im Vergleich zum Verlauf in den anderen Sektoren – nur schwach progressiv zeigen. Die nur langsam einsetzende Effizienzsteigerung nach 2010 führt in den Modellen des IER zu einer wesentlich geringeren Reduktion des Endenergiebedarfs als alle Rechnungen des WI. Dennoch lassen alle Szenarien eine Reduktion erwarten, die höher ausfällt als die im Referenzszenario.

(1368) In allen Szenarien kommen, entsprechend den Vorgaben der Kommission, verstärkt alternative Kraftstoffe zum Einsatz.

(1369) Teilweise können die unterschiedlichen Ergebnisse durch die zwischen den Gutachtern differierenden Annahmen erklärt werden. Ein grundsätzlicher Unterschied zwischen den Berechnungsmodellen des WI und des IER besteht z. B. in der Einschätzung der Verbrauchsminderung für Pkw und Lkw (Tabelle 5-9). Für beide Fahrzeugtypen legt das WI wesentlich höhere Potenziale zur Verbrauchsminderung zugrunde. Besonders auffällig sind die Differenzen im Bereich der Lastkraftwagen.

(1370) Zusätzlich geht das WI in allen Szenarien aufgrund eines verbesserten Flottenmanagements von einer um 15 % höheren Auslastung im straßengebundenen Güterverkehr aus. Da aufgrund des Bevölkerungsrückgangs und der relativ optimistischen Annahmen für das Wirtschaftswachstum der Güterverkehr in seiner Bedeutung gegenüber dem Personenverkehr deutlich zunimmt, sind die Annahmen in diesem Bereich besonders bedeutend.

Abbildung 5-10

Endenergieverbrauch im Sektor Verkehr der verschiedenen Szenarien in PJ

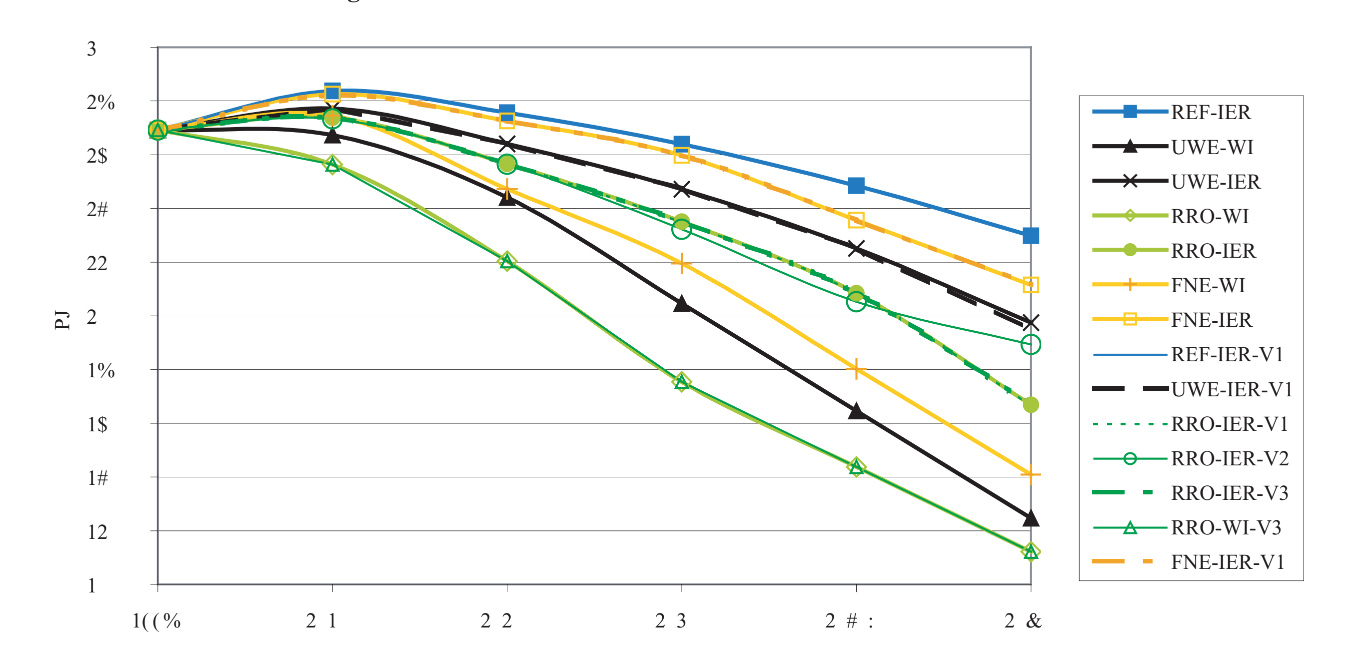


Tabelle 5-9

Annahmen zur Verbrauchsminderung im Verkehrssektor der Szenarien in 2050 relativ zur Referenz

Szenario	Pkw Benzin Minderung in %		Pkw Diesel Minderung in %		Lkw Minderung in %	
	WI	IER	WI	IER	WI	IER
UWE	> 50,0	14,0	> 50,0	14,0	40,0	3,0
RRO	> 50,0	29,0	> 50,0	29,0	41,0	17,0
FNE	32,6	11,0	40,5	11,0	40,0	3,0

(1371) Auch im Personenverkehr werden Annahmen über verändertes Nutzerverhalten getroffen, zu denen auch ein in den meisten Szenarienvorgaben festgelegter Modal Split gehört, der unter anderem eine Zunahme des nicht-motorisierten Verkehrs annimmt. Der Modal Split wurde nur im Szenario FNE-IER nach ökonomischen Kriterien optimiert.

(1372) Hinter den Effizienzannahmen standen auf Seiten der Gutachter des WI die folgenden Überlegungen: Bei einer einzelwirtschaftlichen Betrachtung sind die realen Anreize zur Ausschöpfung der verfügbaren Optionen gerade im Bereich des Verkehrs, der mit hohen Abgaben und Steuern belegt ist, sehr hoch. Diese werden aus den oben beschriebenen Gründen nicht in der kostenorientierten Optimierung berücksichtigt, werden aber zu entsprechenden nachfragegesteuerten Anstrengungen der Industrie führen, z. B. durch den Übergang auf leichte Materialien verbrauchsärmere Fahrzeuge zu produzieren. Solche Verbrauchsverbesserungen wären auch in der Vergangenheit schon zu erzielen gewesen, wurden aber durch gestiegene Komfort- und Sicherheitsansprüche überkompensiert. Nach der abzusehenden Saturierung dieser Ansprüche können sie sich in der zukünftigen Entwicklung netto verbrauchssenkend auswirken. Einen weiteren Beitrag zur Erhöhung der Effizienz des Energieeinsatzes im Verkehr erwarten die Gutachter vom verstärkten Einsatz effizienter Brennstoffzellenantriebe. Darüber hinaus nimmt WI an, dass – auch bedingt durch zunehmend spürbare Preissignale – die Verkehrsteilnehmer von sich aus verstärkt auf kleinere Fahrzeuge mit weniger Hubraum und geringerem spezifischem Verbrauch übergehen. Im Lkw-Bereich herrscht eine besonders hohe Investitionsdynamik: Der größte Teil des Frachtverkehrs wird heute mit Fahrzeugen realisiert, die nicht älter als 5 Jahre sind. Daher nehmen die Gutachter des WI hier an, dass eine schnelle Umsetzung neuer Einspartechnologien beim Straßengüterverkehr möglich ist. Da hier angenommen wird, dass das Käuferverhalten und die Investitionsdynamik auch von den Treibstoffpreisen und den entsprechenden Steuern und Abgaben beeinflusst werden kann, werden für jedes Zielszenario andere Gesamtverkehrseffizienzen angenommen.

(1373) Die Gutachter des IER nehmen dagegen an, dass sich der Flottenverbrauch bei den Pkw in allen Zielszenarien bis 2050 auf 3,3 L Benzinäquivalent/100 km gegenüber 4,65 L/100 km in der Referenz und bei den Lkw auf 16,6 L Dieseläquivalent/100 km gegenüber 19,9 L/100 km in der Referenz absenken wird. In den Rechnungen des IER, das nach gesamtwirtschaftlichen Kostenkriterien vorgeht, werden die Auswirkungen von Lenkungsabgaben auf das Investitions- und Nutzerverhalten nicht berücksichtigt.

1. Biokraftstoffe

(1374) Biodiesel wird zum einen in speziell darauf abgestimmten Fahrzeugen eingesetzt, zum anderen findet aber auch eine Beimischung von Biodiesel zu konventionellem Dieselkraftstoff statt, um so auch andere Verkehrsbereiche, z. B. auch die Binnenschifffahrt, für die Nutzung von Biodiesel zu erschließen. Besonders in den Berechnungen des WI wird mit einer starken Zunahme des Anteils von Dieselfahrzeugen – und hier speziell im Individualverkehr (43 % Anteil in 2050 im UWE-Szenario) – gerechnet. 34 % des motorisierten Individualverkehrs z. B. im Szenario UWE-WI mit Biodiesel angetrieben werden, was auch als Resultat der von der Kommission vorgebenen absoluten Anteile von Biodiesel zu diesem Zeitpunkt und der bis dahin erreichten Verbrauchsminderung zu sehen ist. Aufgrund des hohen Bedarfs an Biodiesel gehen sowohl WI als auch IER von einer hohen Importquote aus.

2. Strom

(1375) Das IER misst der Verwendung von Strom auch im Verkehrssektor eine hohe Bedeutung bei. Insbesondere im Individualverkehr postulieren die Gutachter einen starken Anstieg von Elektrofahrzeugen. Im ÖPNV ist zusätzlich der Einsatz von Oberleitungsbussen vorgesehen. Bei WI beschränkt sich hingegen der Einsatz von Strom auf Fahrzeuge mit planbarem Fahreinsatz, wie z. B. Linienbusse, Lieferfahrzeuge von Post- und Paketdiensten oder Stadtautos, die jeweils nur kurze Entfernungen zurücklegen müssen. Diese Art der Verwendung vermeidet die hohen Speicherverluste, die auftreten, wenn Elektrofahrzeuge lange in Betriebsbereitschaft gehalten werden müssen.

(1376) Insgesamt erwarten beide Institute einen gegenüber dem Referenzszenario erhöhten Einsatz von Strom im Verkehrssektor (IER: bis 12,8 %, WI: bis 9 %, Referenz: 5 %, jeweils in 2050).

3. Erdgas/Wasserstoff

(1377) Auch Erdgas wird nach Ansicht der Gutachter eine steigende Rolle im Verkehrssektor spielen. Insbeson-

dere bei WI übernimmt Erdgas in den Szenarien eine Wegbereiterfunktion für den Umstieg auf Wasserstoff und ist somit von großer Bedeutung. Aufgrund der dezentralen Versorgungsstruktur des Individualverkehrs – Voraussetzung für eine hohe Akzeptanz ist hier die flächendeckende Versorgung – wird hier mit einer langsameren Entwicklung gerechnet als bei zentral versorgten Fahrzeugflotten bzw. Einsatzgebieten. Im Individualverkehr wird bis 2030 mit einem Anteil von bis zu 10 % gerechnet. Insbesondere im Szenario „REG/REN-Offensive“ spielt Erdgas als Kraftstoff in 2050 eine zentrale Rolle.

(1378) Während der Einsatz von Erdgas in der Anfangsphase in speziell dafür ausgelegten Verbrennungsmotoren erfolgen soll, ist für die Folgezeit auch der verstärkte Einsatz in Brennstoffzellen-Fahrzeugen vorgesehen. Dies erlaubt eine Parallelversorgung von Brennstoffzellen-Fahrzeugen mit Erdgas und stationär erzeugtem Wasserstoff und fördert so den langfristigen Umstieg auf Wasserstoff als dem zentralen Energieträger im Verkehrsbereich. Je nach Szenario erreicht der Wasserstoffanteil im Individualverkehr insgesamt in 2050 bis 35 %, im Güterverkehr bis 30 %.

(1379) Aufgrund der zentralen Versorgungsstruktur ist im Bereich des ÖSPV, bei bestimmten Fahrzeugflotten (z. B. Post, Telekom, Linienbusse o. ä.) sowie dem innerdeutschen Luftverkehr mit geringeren Akzeptanzproblemen bei der Einführung neuer Energieträger zu rechnen. In diesen Bereichen liefert das Modell des WI z. B. in UWE-Szenario im Jahr 2050 Wasserstoffanteile bis zu 90 %.

(1380) Die Gutachter des WI nehmen an, dass im Szenario „Umwandlungseffizienz“ Wasserstoff in der Kohlevergasungsstufe der IGCC-Kraftwerke produziert wird. Für das Szenario FNE nehmen sie, ebenso wie IER für alle Szenarien, an, dass der Wasserstoff elektrolytisch erzeugt wird. Regenerative Erzeugung von Wasserstoff in Deutschland findet nicht statt, im Szenario „Solare Vollversorgung“ wird jedoch angenommen, dass Wasserstoff aus dem europäischen Ausland importiert werden kann, der dort auf regenerativer Basis hergestellt worden ist.

(1381) Auch bei IER ist zumindest im Szenario „REG/REN-Offensive“ der Einsatz von Brennstoffzellenfahrzeugen vorgesehen, die Methanol und Erdgas als Energieträger verwenden. Der Einsatz von Wasserstoff im Verkehrssektor bleibt hier, abgesehen von Mindestvorgaben durch die Kommission, außen vor.

5.2.2 Ausbaupfade der verschiedenen Energieträger

5.2.2.1 Primärenergieverbrauch, Wirkungsgradmethode

(1382) Der zeitliche Verlauf des Primärenergieverbrauchs führt in den Zielszenarien zu erheblichen Unterschieden. Im Jahr 2050 liefern die Szenarien nach der Wirkungsgradmethode Werte, die gegenüber dem Referenzverlauf von einem Minderverbrauch von 41 % bis zu einem Mehrverbrauch von 21 % (FNE-IER) reichen. Bei Anwendung der Substitutionsmethode reichen die Werte vom einem um 28 % geminderten Verbrauch (RRO-WI) bis zu einem Mehrverbrauch von 9 % im FNE-Szenario des IER (vgl. Abbildung 5-12). In absoluten Verbrauchswerten ergibt sich so eine Bandbreite von 6 762 PJ (RRO-WI) bis 13 616 PJ (FNE-IER) nach der Wirkungsgradmethode, bzw. 8 552 PJ (RRO-WI) bis 13 048 PJ (FNE-IER) nach der Substitutionsmethode. Zum Vergleich: Der Primär-

Abbildung 5-11

Entwicklung des Primärenergieverbrauchs nach der Wirkungsgradmethode in den Szenarien in PJ

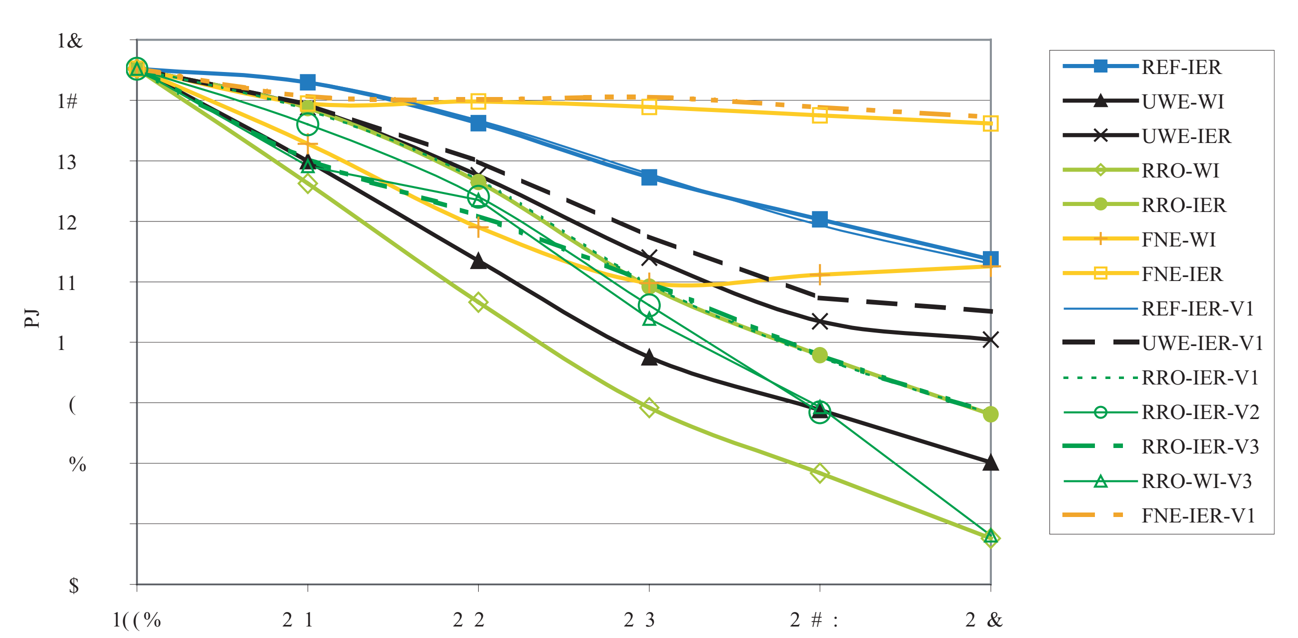
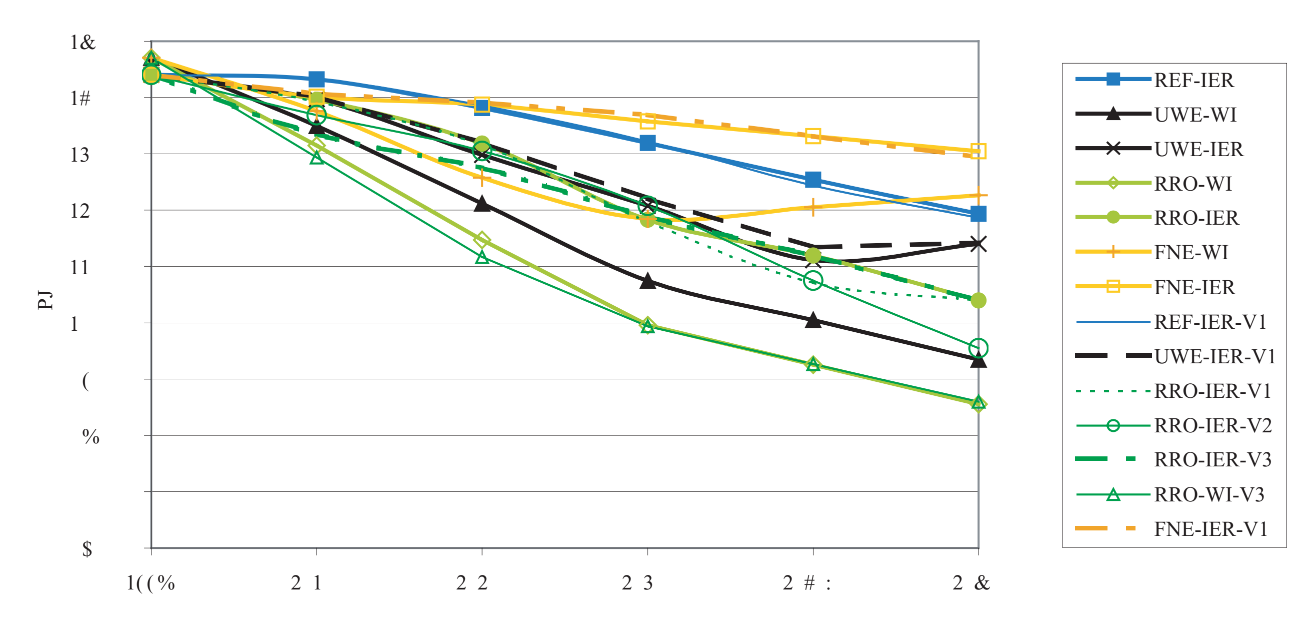


Abbildung 5-12



Entwicklung des Primärenergieverbrauchs nach der Substitutionsmethode in den Szenarien in PJ



energieverbrauch des Referenzszenarios liegt in 2050 bei 11 372 PJ bzw. 11 937 PJ.[10]

(1383) Bis zum Jahr 2010 zeigen alle Zielszenarien – mit Ausnahme der FNE-Szenarien des IER – einen stärker ausgeprägten Rückgang des Primärenergieverbrauchs als die Referenz. In den FNE-Szenarien des IER sinkt der Primärenergieverbrauch in der ersten Dekade stark, anschließend aber bis 2050 kaum noch, so dass er ab etwa 2015 oberhalb der Referenz verläuft. Alle anderen Szenarien bleiben von Anfang an unterhalb des Referenzszenarios (vgl. Abbildung 5-11). Einen im Vergleich zu den übrigen Szenarien deutlich differierenden Verlauf zeigt FNE-WI ab dem Jahr 2030. Hier liefert das Modell, entgegen dem anfänglichen Trend, im weiteren Verlauf einen Anstieg des Primärenergieverbrauchs. Zum Jahr 2050 wird ein Wert erreicht, der auf dem Niveau der Referenz liegt.

(1384) Bei einer Bewertung nach der Substitutionsmethode (Abbildung 5-12) zeigen auch das UWE- und das FNE-Szenario des IER am Ende der Entwicklung ansteigende Werte; hier aber erst ab 2040. Auch diese bleiben jedoch in 2050 noch unter den Werten des Referenzszenarios.

(1385) In der Gesamtbetrachtung zeigt sich, dass die Berechnungen nach Wirkungsgrad- und Substitutionsmethode gerade bei Energieversorgungssystemen mit hohem regenerativen Anteil zu deutlich unterschiedlichen Bewertungen führen. Im Vergleich zum Substitutionsprinzip führt die Berechnung nach dem Wirkungsgradprinzip nämlich bei der Kernenergie zu einem höheren, bei den anderen Energieträgern aber zu einem niedrigeren Primärenergieverbrauch, so dass erneuerbare Energien also unterbewertet werden. Dieser Sachverhalt lässt für die Zukunft ein anderes Bewertungsverfahren notwendig erscheinen.

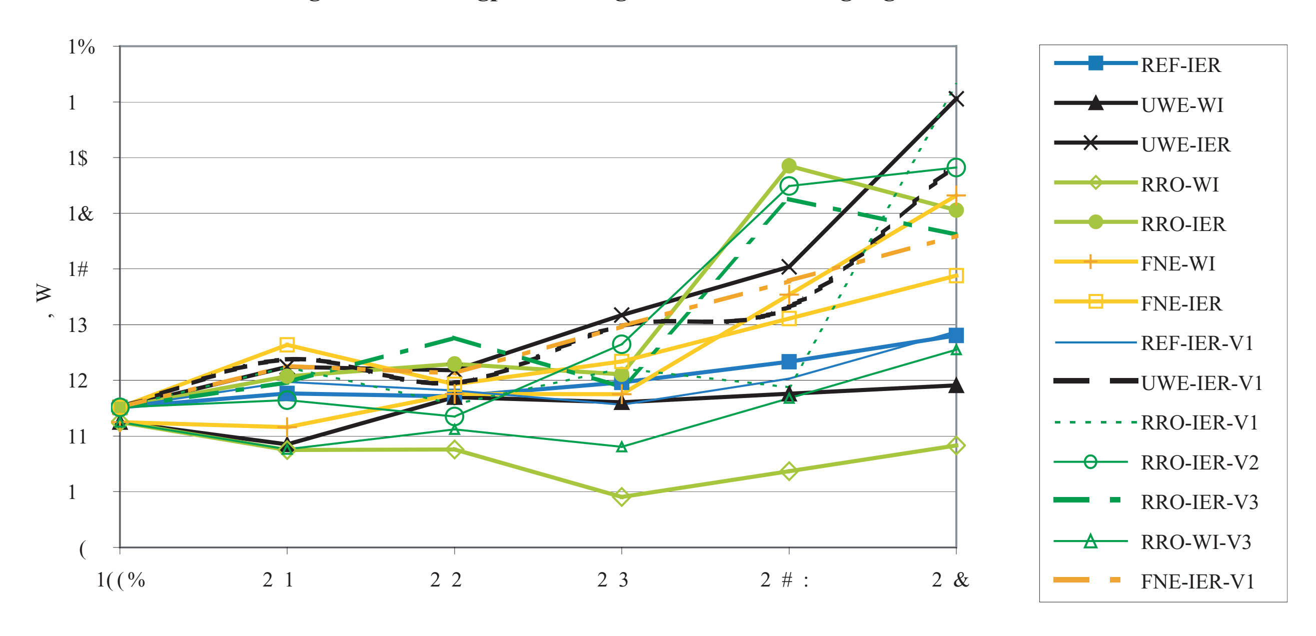
5.2.2.2 Gesamtentwicklung der Stromerzeugung

(1386) Allgemein wird in den Szenarien bis zum Jahr 2030 keine gravierende Veränderung in der Summe der Netto-Engpassleistung aufgezeigt (Abbildung 5-13). Erst für die Folgezeit wird im Mittel der Szenarien ein stärkerer Zubau an Kraftwerkskapazität erwartet. Auffällig ist der in den Modellen der beiden Institute teilweise gegensätzliche Verlauf in der zeitlichen Entwicklung. Die größten Unterschiede zwischen den Instituten weist das UWE-Szenario auf. Während WI auch in der Zeit nach 2030 nur im FNE-Szenario deutliche Zuwächse der Netto-Engpassleistung beschreibt, beginnt bei den Szenarien des IER, außer in RRO-V2, schon ab 2020 – ausgelöst durch die ansteigende Nachfrage nach Strom – ein deutlicheres Wachstum als in den Referenzszenarien, das sich ab 2040 tendenziell noch einmal verstärkt. Zum Jahr 2050 werden bei IER Werte erreicht, die um fast 50 % höher ausfallen als nach dem WI-Modell – auch bei Szenarien mit gleicher Philosophie wie z. B. dem Szenario „Umwandlungseffizienz“. Auch beim RRO-Szenario sind es etwa 24 %; beim „Fossil-nuklearen Energiemix“ hingegen liegt der Wert nach IER ca. 7 % unter dem des WI. Der hohe Unterschied der Ergebnisse im Szenario UWE ist vor allem auf die unterschiedliche Behandlung der Stromeinsparung zurückzuführen. Während WI hier von signifikanten, auch kostengünstig ausschöpfbaren Stromeinsparmöglichkeiten ausgeht, bleiben diese bei IER ge-

[10] Die Vergleichbarkeit zwischen WI und IER bei der Primärenergie ist eingeschränkt, da IER auch die Umweltwärme einbezieht. Gerade bei FNE und RRO mit hohen Anteilen Wärmepumpen führt dies zu höheren Primärenergieverbrauchswerten.

Abbildung 5-13

Entwicklung der Netto-Engpassleistung in der Stromerzeugung der Szenarien in GW



ring. Um die angestrebten Minderungsziele zu erreichen erfordert dies im IER-Modell einen deutlich stärkeren Ausbau der erneuerbaren Energien, vor allem der Windenergie. Da hier auch Regionen mit geringer Windgeschwindigkeit betroffen sind, ist der erforderliche Leistungszubau an Windkraftwerken erheblich.

(1387) In der Variante 2 zur „REG/REN-Offensive“, die auf eine solare Vollversorgung abzielt, ermöglicht ein verstärkter Einsatz von Effizienzmaßnahmen zunächst einen Abbau von Kraftwerkskapazitäten, der dann durch den Aufbau des „erneuerbaren“ Portfolios überkompensiert wird. Obwohl hier ausreichende Ausgleichskapazitäten für fluktuierende Energiequellen wie Wind eingerechnet sind, ergibt sich im Endeffekt ein weniger forcierter Ausbau von Kraftwerkskapazitäten als in anderen Szenarien.

5.2.2.3 Fossile Energieträger

(1388) Die Vorgabe drastischer Treibhausgasreduktionsziele führt in allen Zielszenarien erwartungsgemäß zu einem deutlich niedrigeren Verbrauch an fossilen Energieträgern als in der Referenz (vgl. Abbildung 5-14) Bei den Zielwerten für das Jahr 2050 ergeben sich zwei Klassen von Szenarien: Das UWE-Szenario liefert philosophiegemäß bei beiden Instituten den geringsten Verbrauchsrückgang gegenüber der Referenz (nur etwa 36 % – 39 %). Zwischen den beiden Modellen weichen die Ergebnisse für 2050 nur geringfügig voneinander ab (ca. 5 %). Die übrigen Szenarien (RRO und FNE) liefern für das Jahr 2050 ebenfalls eng beieinander liegende Werte (Bandbreite ca. 10 %), jedoch fällt der Rückgang im Verbrauch fossiler Energieträger gegenüber der Referenz mit etwa 57 bis 61 % deutlich stärker aus als im UWE-Szenario. In den UWE-Szenarien ist dies verbunden mit einer CO_2-Abscheidung und -Deponierung, die bei IER von 9 Mio. t Kohlendioxid (bzw. 59 Mio. t in der Variante „Alternativer Datensatz“) im Jahr 2020 auf etwa 260 Mio. t (305 Mio. t in der Variante) ansteigt bzw. beim WI erstmalig im Jahr 2050 202 Mio. t (WI) beträgt (vgl. Abschnitt 5.3).

(1389) Alle Szenarien zeigen bereits in der ersten Dekade einen ausgeprägten Rückgang an fossilen Energieträgern im Primärenergieverbrauch. Im weiteren Verlauf treten wieder die grundsätzlich unterschiedlichen Pfade der Modelle von WI und IER zu Tage. Während die Kurven in den IER-Szenarien nach 2010 zunächst auf verringertem Niveau stagnieren, um in der darauf folgenden Zeit wiederum stärker abzusinken, zeigen die Szenarien des WI einen mehr oder weniger gleichmäßigen Rückgang über den gesamten Zeitraum. Lediglich das FNE-Szenario des WI zeigt einen beinahe linearen Abfall im Betrachtungszeitraum. Im Resultat führen die Unterschiede im zeitlichen Verlauf in den jeweiligen Modellen des WI außer bei FNE zu einer größeren Gesamteinsparung innerhalb des Betrachtungszeitraums.

(1390) Die Darstellungen der Anteile der fossilen Energieträger am Primärenergieverbrauch im Jahr 2050 (Abbildung 5-15) zeigen, welche Bandbreiten für die zukünftige Verwendung denkbar sind, auch wenn die Klimaschutzziele eingehalten werden. Die Aufteilung auf einzelne der fossilen Energieträger zeigt wesentlich klarere Tendenzen, wie im Folgenden zu zeigen sein wird. In dem Szenario RRO-IER-V2 „Solare Vollversorgung“ werden diese fossilen Energieträger zu großen Teilen in der nichtenergetischen Nutzung verbraucht.

1. Steinkohle

(1391) Abbildung 5-16 stellt die Entwicklung der Netto-Engpassleistung für Steinkohle dar. In allen Berechnungen geht dabei die installierte Kapazität zunächst zurück,

Abbildung 5-14



Entwicklung der fossilen Energieträger im Primärenergieverbrauch der Szenarien in PJ, Substitutionsmethode

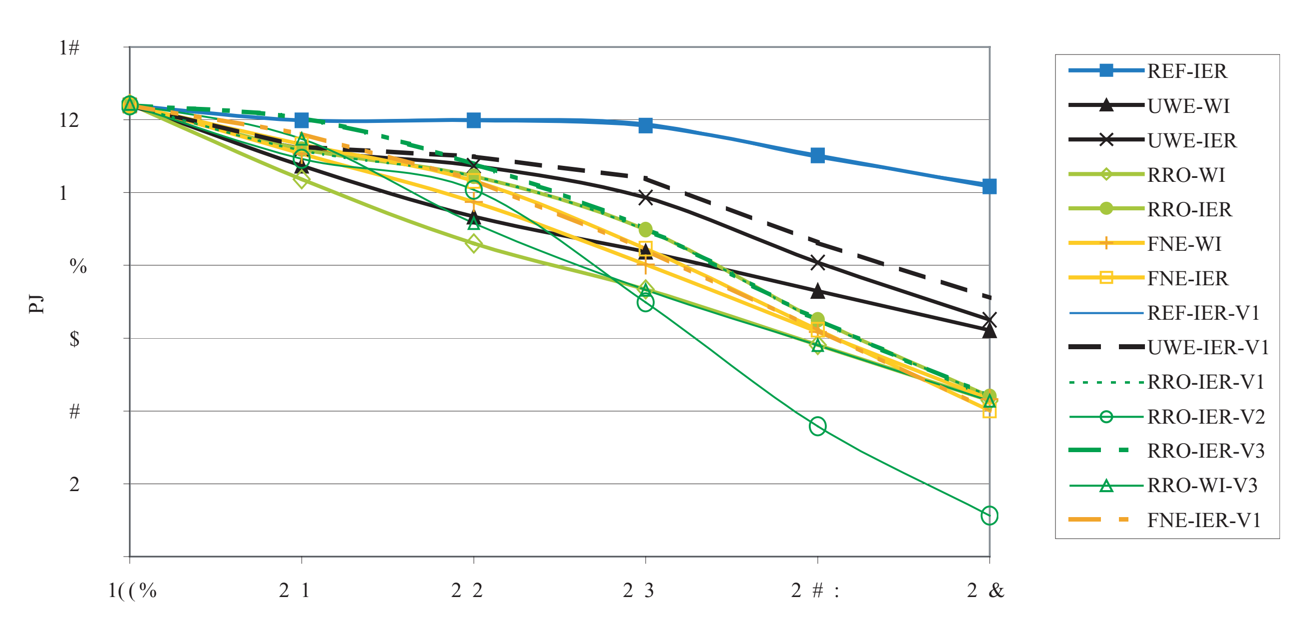
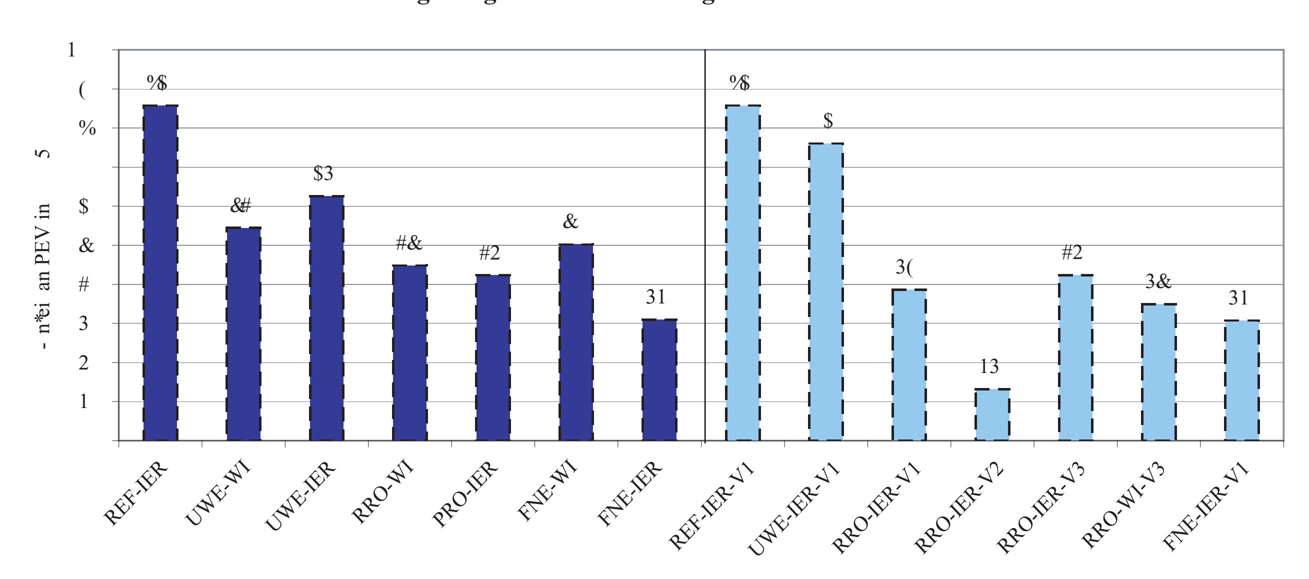


Abbildung 5-15

Anteil der fossilen Energieträger am Primärenergieverbrauch der Szenarien in 2050 in %

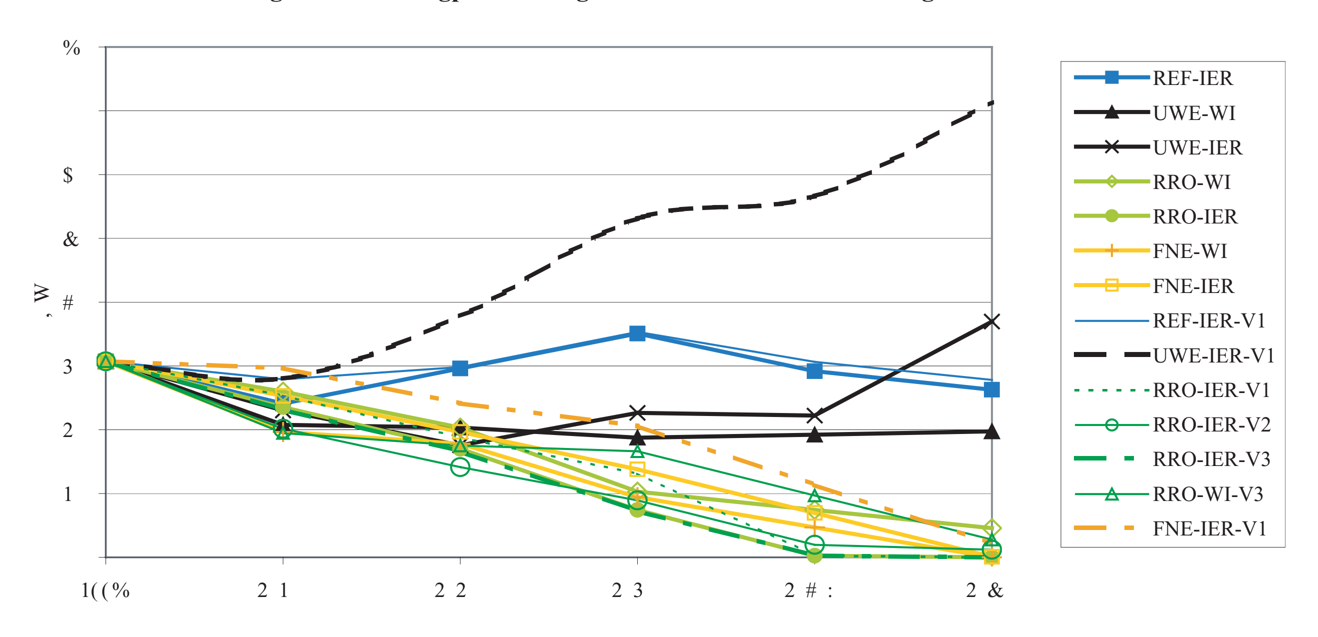


wenn auch unterschiedlich stark. Nach 2010 zeigen sich unterschiedliche Pfade, sogar innerhalb derselben Szenarienphilosophie:

(1392) Während das „fossile“ Szenario UWE-WI für das Jahr 2050 einen Rückgang der Steinkohlenutzung um etwa ein Drittel zeigt, liefert UWE-IER – im Vergleich zu 1998 – einen Zuwachs von ca. 20 %, obwohl im Jahr 2040 bereits ca. 28 % weniger als in der Referenz eingesetzt wurden. Das bedeutet praktisch eine Rückkehr zur Steinkohlenutzung in der allerletzten Modelldekade. Noch drastischer wird der Zuwachs in der Variante mit dem alternativen Datensatz, wo sich die installierte Kapazität auf 132 % gegenüber 1998 mehr als verdoppelt. Alle UWE-Szenarien setzen freilich ausschließlich Importsteinkohle ein. Die Nutzung der Steinkohle im von allen UWE-Szenarien beschriebenen Umfang erfordert zur Einhaltung der Klimaziele den Einsatz von Technologien zur Abtrennung und Endlagerung von Kohlendioxid, wie in Kapitel 5.3.1 zu diskutieren sein wird. In allen Nicht-UWE-Ziel-

Abbildung 5-16

Entwicklung der Netto-Engpassleistung in der Steinkohleverstromung der Szenarien in GW



szenarien geht die Nutzung der Steinkohle zur Mitte des Jahrhunderts gegen Null.

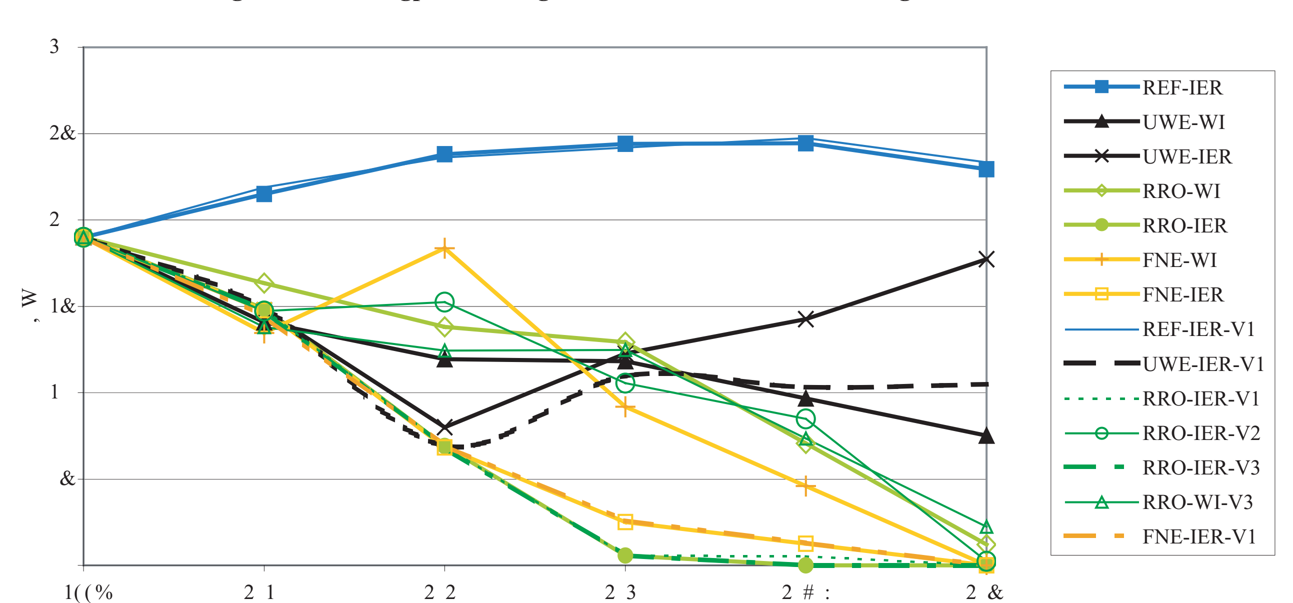
2. Braunkohle

(1393) Für die zukünftige Verwendung von Braunkohle zeigen die Szenarien eine große Bandbreite an Möglichkeiten auf, vom vollständigen Verzicht bis zu Werten, die geringfügig unter denen von 1998 liegen (vgl. Abbildung 5-17).

(1394) Während das Referenzszenario von mäßigem Zubau in Braunkohlekapazitäten ausgeht, ergeben alle Zielszenarien – auch die fossil orientierten – einen Rückgang. Der geringste Rückgang resultiert dabei bis zum Jahr 2050 bei UWE-IER, auch wenn die Kapazitäten sich bis 2020 auf weniger als die Hälfte reduziert haben werden. Nach 2020 folgt bis 2050 – wenn die CO_2-Entsorgung kostengünstig zur Verfügung steht – ein erneuter, starker Zubau, so dass in 2050 ein Wert erreicht wird, der lediglich etwa 7 % unter dem Niveau von 1998 liegt. In

Abbildung 5-17

Entwicklung der Netto-Engpassleistung in der Braunkohleverstromung in den Szenarien in GW



UWE-WI findet demgegenüber ein stetiger Rückgang der Nutzung statt, der bis 2050 zu einem Wert führt, der ca. 60 % unter dem Stand von 1998 liegt.

(1395) Während sich also in allen fossil orientierten Szenarien nennenswerte Braunkohleverstromungskapazitäten halten können, geht von den anderen Zielszenarien nur RRO-WI nicht auf Null zurück. Hier liegt die Netto-Engpassleistung im Jahr 2050 noch bei 2,2 GW, ein Rückgang gegenüber 1998 von 88 %. Eine besondere Auffälligkeit zeigt der Verlauf von FNE-WI, der einen zweimaligen Trendwechsel aufweist: Nach einem Rückgang bis 2010 folgt bis 2020 durch den dann einsetzenden Ersatzbedarf im Kraftwerkspark ein Wiederanstieg der Netto-Engpassleistung bis nahe an den Wert von 1998 heran. Nach 2020 werden allerdings die dann altersbedingt außer Betrieb gehenden Braunkohlekraftwerke nicht mehr ersetzt, so dass bis zum Ende des Betrachtungszeitraums ein stark ausgeprägter Rückgang bis auf Null erfolgt.

3. Heizöl

(1396) Bei der Verstromung von Heizöl zeigen alle Szenarien einen starken Rückgang (vgl. Abbildung 5-18). Spätestens ab dem Jahr 2030 finden keine gravierenden Änderungen mehr statt. Bei den Hauptszenarien des IER läuft die Nutzung von Heizöl im Jahr 2030 vollständig aus. Demgegenüber sehen alle WI-Szenarien eine Stagnation im Bereich von etwa 0,5 GW Netto-Engpassleistung vor.

4. Erdgas

(1397) Für die Nutzung von Erdgas liefern die Szenarien, sowohl in Bezug auf die im Jahr 2050 verbleibende Nutzung als auch beim Verlauf, stark unterschiedliche Ergebnisse (vgl. Abbildung 5-19). Sowohl im UWE- als auch im RRO-Szenario liefert das IER-Modell einen glockenförmigen Verlauf, also zunächst einen starken Ausbau und gegen Ende des Modellzeitraums einen beinahe ebenso starken Rückbau der Kapazitäten. Erdgas hat damit in den Zielszenarien des IER – ähnlich wie in den Weltszenarien für Energienutzung (Kapitel 3) – oft eine Brückenfunktion als relativ klimaverträglicher fossiler Energieträger vor dem endgültigen Übergang zu CO_2-freien Strombereitstellungsmethoden und ersetzt damit zum Teil auch Grundlastkapazitäten der Kohle, z. B. in RRO-IER. Solch drastische Schwankungen innerhalb von zehn Jahren scheinen in dieser Größenordnung unwahrscheinlich.

(1398) Im Vergleich dazu verharren die Kapazitäten beim WI-Modell auf einem eher konstanten Niveau. Die Kapazitäten schwanken in einer Bandbreite von –3 bis +7 GW um den Ausgangswert und resultieren in 2050 außer bei den RRO-Szenarien in einem im Wesentlichen unveränderten Niveau.

(1399) Das RRO-Szenario resultiert im Jahr 2050 bei beiden Instituten in einem Anstieg der Erdgasnutzung, jedoch mit vollkommen unterschiedlicher Entwicklung. Während das IER-Modell bis 2030 etwa eine Verdreifachung der Netto-Engpassleistung beschreibt, welcher dann eine Halbierung bis zum Jahr 2050 folgt, liefert das WI-Modell bis zum Jahr 2030 einen Seitwärtstrend mit einem Anstieg in der Folgezeit. Im Jahr 2050 liegen die Werte ca. 47 % (IER) bzw. 69 % (WI) über dem Wert von 1998. Beim Szenario „Schneller Ausstieg“ wird bei WI in den ausschlaggebenden Jahren 2010 und 2020 nicht mehr Erdgas genutzt als in den anderen Szenarien während IER hier im Einklang mit der oben beschriebenen Übergangsphilosophie fast ausschließlich mit Erdgas ausgleicht.

Abbildung 5-18

Entwicklung der Netto-Engpassleistung in der Heizölverstromung in den Szenarien in GW

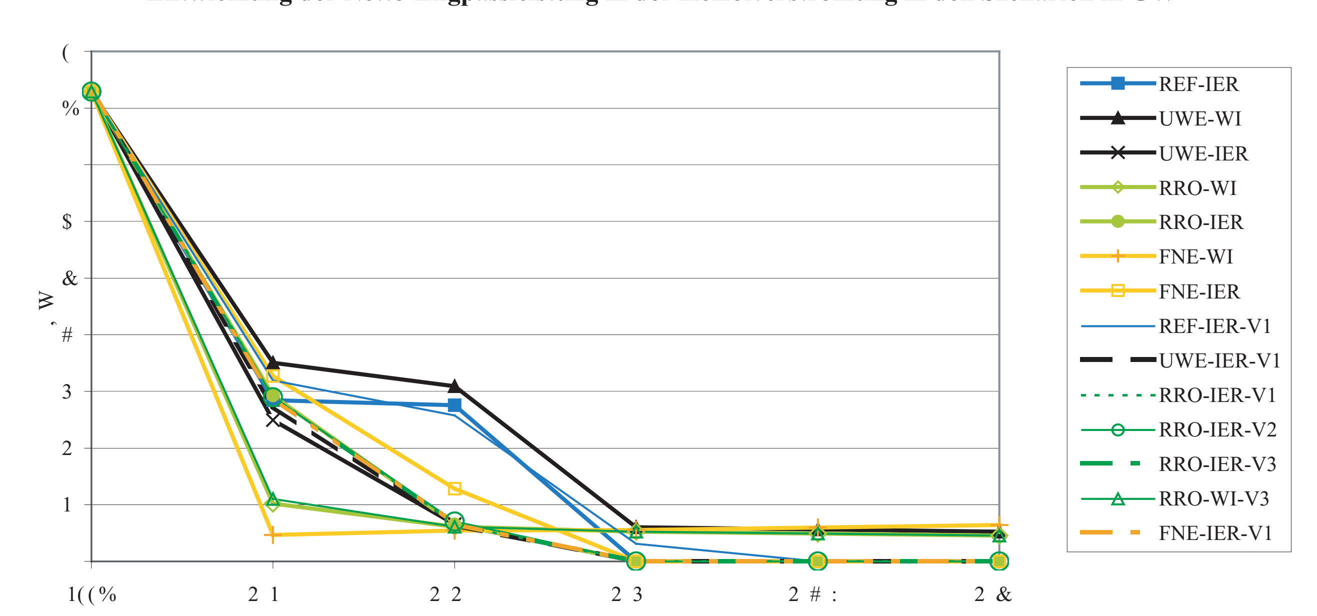
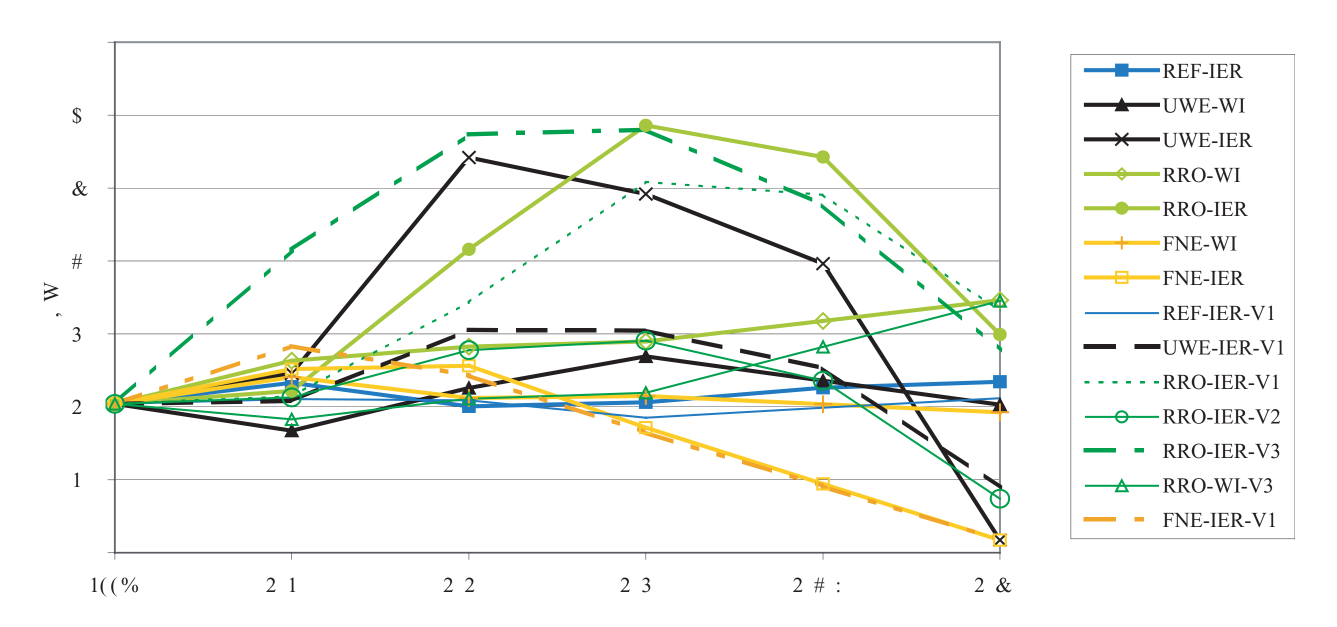


Abbildung 5-19

Entwicklung der Netto-Engpassleistung in der Erdgasverstromung in den Szenarien in GW

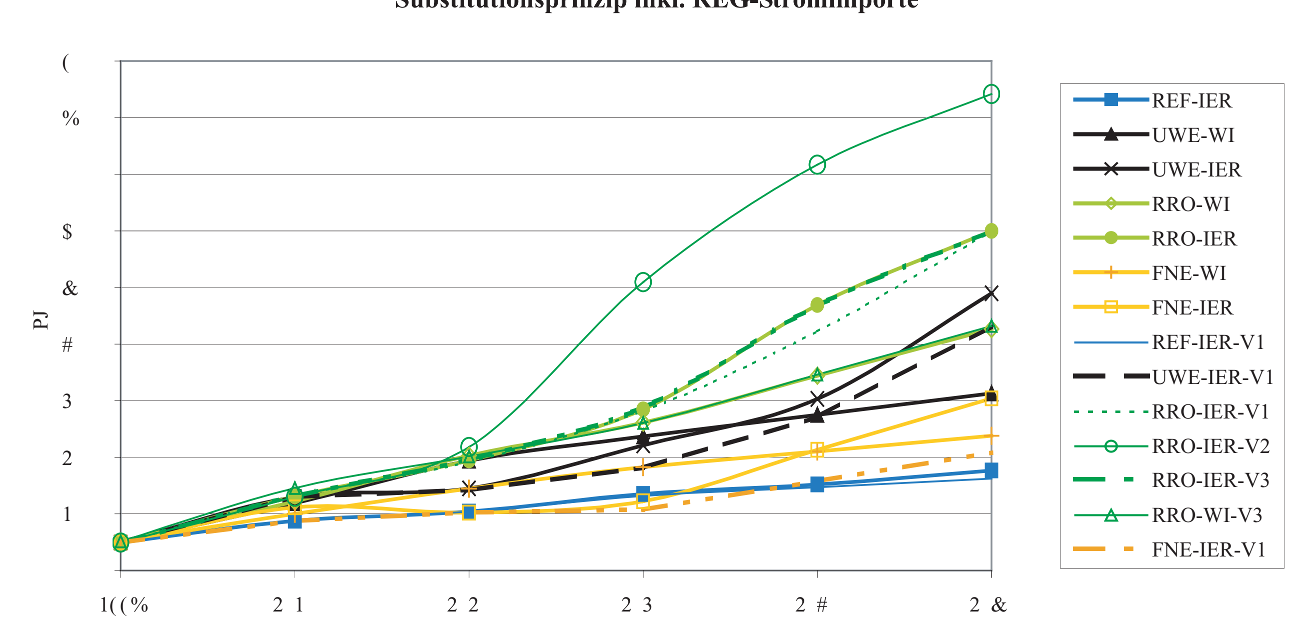


5.2.2.4 Regenerative Energieträger

(1400) Im Bereich der regenerativen Energien zeigen alle Szenarien außer FNE-WI einen gegenüber der Referenzentwicklung verstärkten Ausbau (vgl. Abbildung 5-20). Die besonders ab etwa 2030 erwarteten unterschiedlichen Entwicklungen führen zu einer breiten Streuung der Zielwerte im Jahr 2050. Am Ende des Betrachtungszeitraums liefern die Modelle der Hauptszenarien Werte, die von 36 % bis zu 238 % über dem der Referenz liegen. Dementsprechend liegen die Werte für die in den Hauptszenarien aus erneuerbaren Energien bereitgestellte Primärenergie im Jahr 2050 im Bereich von 1 200 PJ (Referenzszenario) bis zu 4 056 PJ im RRO-Szenario des IER. Obwohl die gleichen Anteile am Primärenergieverbrauch im RRO-WI durch regenerative

Abbildung 5-20

Entwicklung der erneuerbaren Energien im Primärenergieverbrauch der Szenarien in PJ, Substitutionsprinzip inkl. REG-Stromimporte



Energieträger gedeckt werden, werden in diesem Szenario doch nur 2 130 PJ, also etwas mehr als die Hälfte, aus diesen Energieträgern in der Form von Strom bereitgestellt (vgl. Abbildung 5-21). Dies liegt darin begründet, dass WI mit einem wesentlich stärkeren Rückgang des Primärenergieverbrauchs insgesamt rechnet. Bei dem Szenario „Solare Vollversorgung“ konnten modellbedingt einige Bereiche nicht umgestellt werden. Eine Analyse zeigt aber, dass auch diese mit erneuerbaren Energien abgedeckt werden könnten.

(1401) Noch deutlich stärker fällt der Ausbau der Verstromungskapazitäten für erneuerbare Energieträger ab etwa 2040 in der Variante 2 des RRO-Szenarios des IER aus, bei dem der für 2050 errechnete Wert (5 933 PJ in 2050) bei 494 % des Referenzniveaus liegt. Zubauten von regenerativen Kraftwerkskapazitäten auf das 12fache des heutigen Wertes sind diesen Berechnungen zufolge technisch unproblematisch. Das Potenzial der erneuerbaren Energieträger reicht aus für eine solare Vollversorgung.

(1402) Die drei Szenarien im Vergleich zeigen – ähnlich wie die Entwicklungen im Gas- und Kohlebereich – dass die „Stromstrategie“ des IER sehr dynamische Auswirkungen im Kraftwerkssektor zeitigt. Die Effizienzstrategie des WI dagegen kann durchweg zur Verstetigung der Investition führen. Dies wird umso deutlicher, wenn man die zeitliche Entwicklung der IER-Szenarien betrachtet: In allen Zielszenarien des IER gehen die Kapazitäten zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien zunächst wieder zurück. Im FNE-Szenario des IER wird sogar mit einem Rückgang um etwa 10 % gerechnet, d. h. bereits aufgebaute Kapazitäten würden wieder abgebaut, was angesichts der niedrigen laufenden Kosten der meisten „erneuerbaren“ Technologien widersinnig erscheint. Nach einem Minimum im Stützjahr 2020 setzt bei IER in allen Szenarien ein forcierter Ausbau ein. Dies führt am Ende des Betrachtungszeitraums dazu, dass die Zielwerte in allen Modellen des IER selbst die positivsten Annahmen des WI deutlich übertreffen, wo stets ein moderater, gleichmäßiger Zubau zu verzeichnen ist. Mitursache dieses Unterschieds ist die Einbeziehung der Umweltwärme beim IER in den Ausbau der erneuerbaren Energietechnologien.

1. Windkraft

(1403) Da die Windkraft einen großen Anteil an den erneuerbaren Energieträgern im Strombereich hat, zeigen sich hier im Wesentlichen ähnliche Tendenzen (vgl. Abbildung 5-22). Wieder tauchen die schon bekannten S-Kurven im UWE-Szenario des IER auf, da in der Zeit von 2010 bis 2020 ein Rückbau der Leistung um etwa 23 % stattfindet. Wieder bleibt nur in den FNE-Szenarien der Ausbau der Windkraft in 2050 hinter der Referenzentwicklung zurück. Hier liefert das Modell des WI über den gesamten Zeitraum einen kumulierten Zuwachs von „nur“ ca. 656 %, bei IER sind es etwa 534 %. Die Referenzentwicklung beschreibt etwa eine Verzehnfachung. Windkraft wird also in jedem Fall in Deutschland weiterhin eine große Rolle spielen; der geringste Ausbau beläuft sich auf 14 GW. Im Vergleich zu dem in nur drei Jahren bereits erfolgten Ausbau auf 11,5 GW zwischen 1998 und 2001, bedeutet das Maximum nur noch eine Versechsfachung bis 2050 und das Minimum von 14 GW wird sicherlich in 2002 oder 2003 bereits überschritten.

Abbildung 5-21

Anteil der Erneuerbaren Energiequellen am Gesamtprimärenergieverbrauch in %, Substitutionsprinzip, inklusive REG-Stromimporte

(beim Solaren Vollversorgungs-Szenario zeigt die Analyse der verbleibenden Anteile, dass diese auch mit erneuerbaren Ressourcen abdeckbar sind)

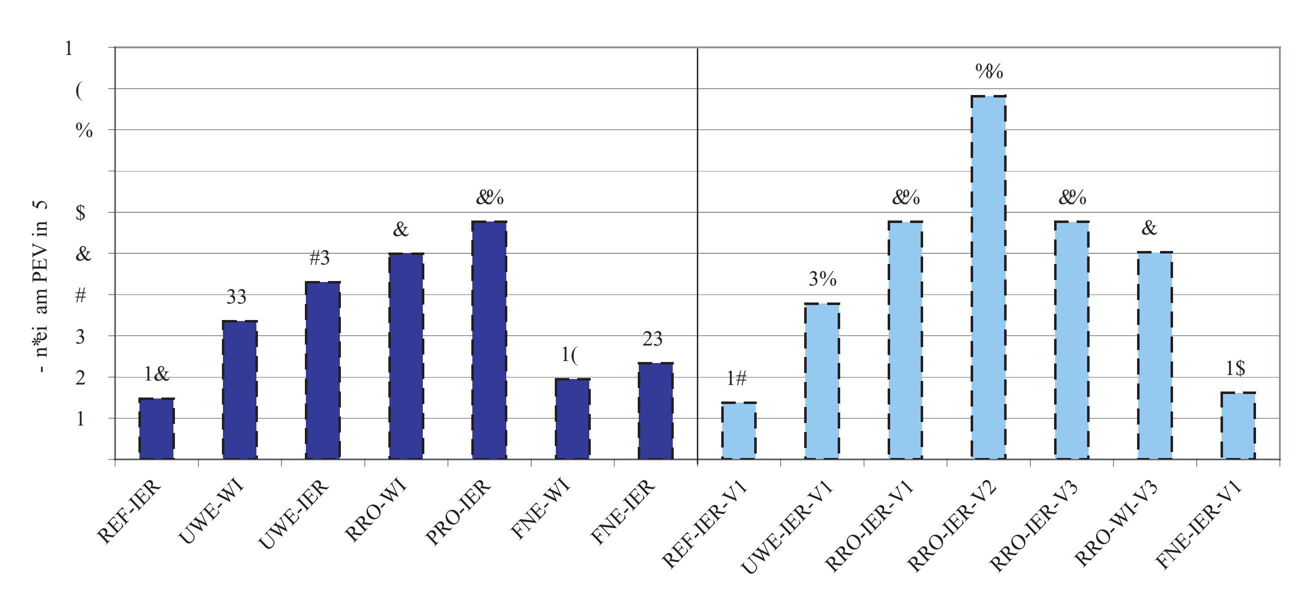
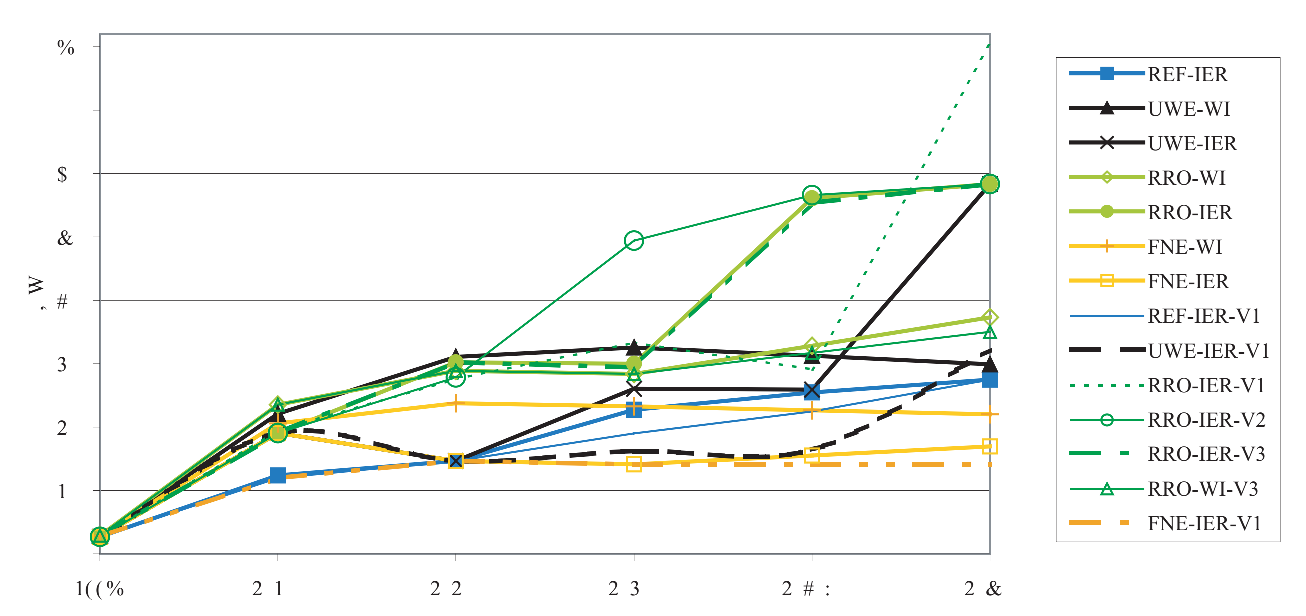


Abbildung 5-22



Entwicklung der Netto-Engpassleistung der Windkraft in den Szenarien in GW



(1404) Für die anderen Szenarien liefern die Modelle der Institute jeweils weit auseinander liegende Werte. Während die Endwerte der UWE- und RRO-Szenarien bei WI Werte liefern, die noch recht nahe am Referenzszenario liegen (Zuwachs: 940 % bei UWE, 1 117 % bei RRO – gegenüber 1998), weichen die Werte nach dem IER-Modell stark nach oben ab. In der Spitze nutzt IER über 80 GW an Windkapazitäten (das Siebenfache gegenüber 2001). Ein großer Teil dieses Ausbaus findet im Offshore-Bereich statt, da an Land ein maximales Potenzial von 50 GW angenommen wurde.[11] Interessanterweise ist für eine solare Vollversorgung dieser maximale Ausbau nicht notwendig.

(1405) Im zeitlichen Verlauf ziehen sich die bekannten Muster durch: Bei den Rechnungen des WI wird mit einem starken Wachstum bis 2020 gerechnet, welches sich in der Folgezeit deutlich verlangsamt. Diesen Verlauf zeigt auch FNE-IER. Die anderen Szenarien des IER zeigen einen deutlich beschleunigten Ausbau erst in späten Perioden, also ab 2030 (RRO) bzw. 2040 (UWE). In der Variante 1 des RRO bei IER fällt der Zuwachs während der letzten Dekade noch deutlich stärker aus: Alleine in den letzten zehn Jahren erhöht sich hier die Leistung der Windkraft etwa um den Faktor 2,8. Gerade in Anbetracht der rückläufigen Entwicklung während der vorletzten Dekade ist die Verfügbarkeit ausreichender Fertigungskapazitäten anzuzweifeln.

(1406) Grundsätzlich unterschiedliche Annahmen treten auch in Bezug auf die Entwicklung der äquivalenten Volllaststunden zu Tage. Bei IER ist in den Hauptszenarien bis 2010 ein Rückgang der äquivalenten Volllaststunden im Bereich von 1,6 % bis 1,8 % beschrieben, dem danach ein Anstieg folgt; in den Varianten streuen die Werte im Bereich von 0,8 % bis 4 %. In 2050 liegt der Wert wegen starker Ausschöpfung windschwacher Regionen bei etwa 2 350 Stunden.

(1407) WI geht demgegenüber von einem kontinuierlichen Anstieg der äquivalenten Volllaststunden aus. Von 1998 bis 2010 steigt der Wert um etwa 26 % (1 634 h in 1998 auf 2 060 h in 2010). Im Jahr 2050 wird dann ein Wert von 2 400 Stunden erreicht, was mit dem sukzessive zunehmenden Anteil der Offshore-Nutzung begründet wird.

2. Photovoltaik

(1408) In den Hauptszenarien zeigt nur das RRO beim IER eine Entwicklung, die von der Referenz deutlich nach oben abweicht (vgl. Abbildung 5-23). Der hier erreichte Zielwert liegt etwa 21 % über dem der Referenzentwicklung. Eine deutliche Unterschreitung der Referenz zeigt das FNE-Szenario beider Institute. WI bleibt hier etwa 61 % unter der Referenz, bei IER sind es ca. 93 %. Hier gehen die beiden Institute von jeweils unterschiedlichen Größenordnungen aus, die notwendig sind, um der von der Kommission auch für dieses Szenario geforderten technologischen Entwicklung der Photovoltaik Rechnung zu tragen. Die übrigen Szenarien weisen nur geringe Abweichungen von der Referenzentwicklung auf.

(1409) Die Betrachtung der äquivalenten Volllaststunden der Photovoltaik (Abbildung 5-24) zeigt, dass beide Institute unterschiedliche Annahmen sowohl in Bezug auf die Anfangswerte als auch für die weitere Entwicklung treffen. Innerhalb der verschiedenen Szenarien legt WI hier die gleiche Entwicklung – die deutlich oberhalb der Referenz verläuft – zugrunde. Im Betrachtungszeitraum steigt die Zahl der äquivalenten Volllaststunden bei WI von 947 auf 978 Stunden an.

[11] Vergleiche Zwischenbericht Szenarienstudie.



Abbildung 5-23

Entwicklung der Netto-Engpassleistung der Photovoltaik in den Szenarien in GW

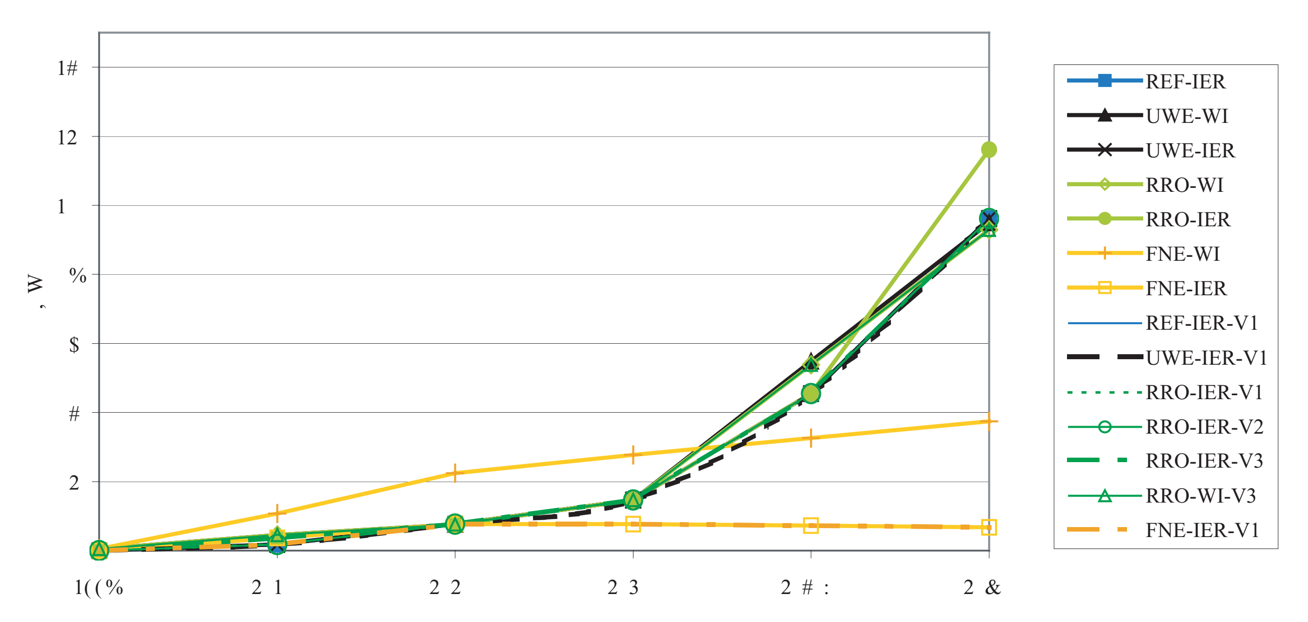
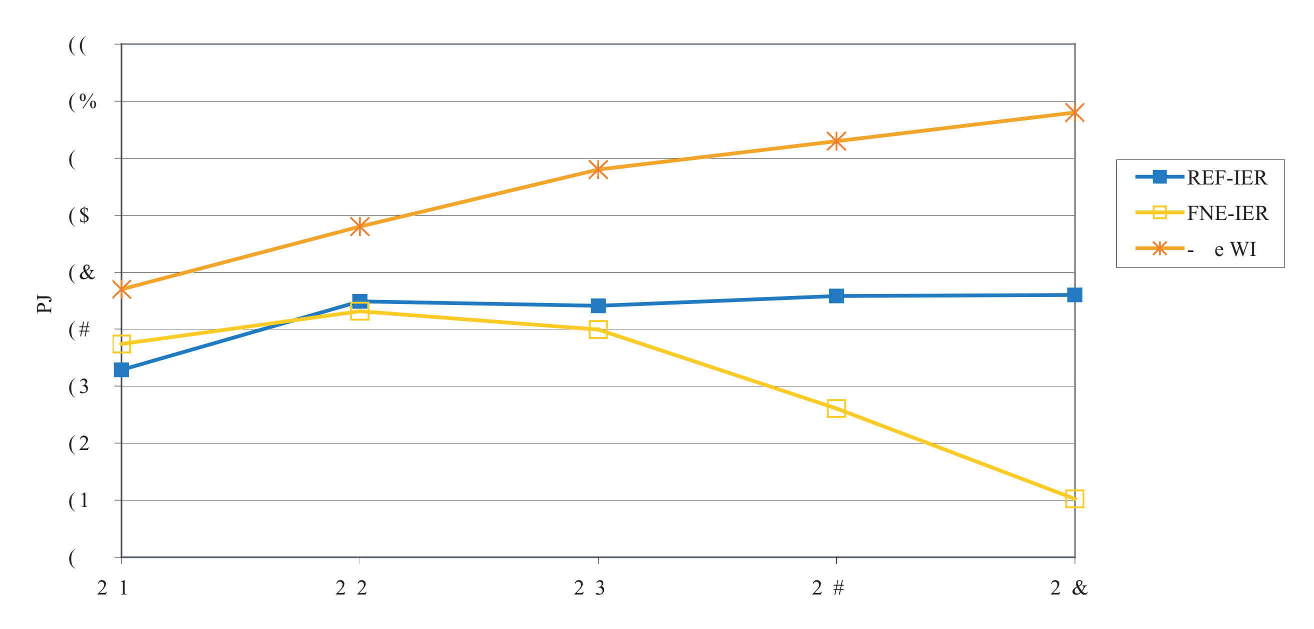


Abbildung 5-24

Äquivalente Volllaststunden der Photovoltaik im Verlauf der Szenarien in Stunden pro Jahr



(1410) Bei IER entwickelt sich die Anzahl der äquivalenten Volllaststunden in den Szenarien UWE und RRO nahezu identisch zur Referenz (ca. 933 h in 2010; 946 h in 2050). Demgegenüber findet in den FNE-Szenarien des IER ein deutlicher Abfall statt, der aus technologischer Sicht nicht begründbar erscheint.

3. Wasserkraft

(1411) Gut erkennbar sind die unterschiedlichen Basisannahmen bezüglich der Netto-Engpassleistung der Wasserkraft (Abbildung 5-25). Hier werden je nach Szenarienphilosophie und Institut unterschiedliche Potenziale

restlos ausgebaut, die allerdings relativ vorsichtig und unter Umweltschutzprinzipien vorgegeben wurden. In der zeitlichen Entwicklung zeigen die Szenarien nur geringe Abweichungen.

(1412) Beide Institute legen in etwa die gleiche Stromproduktion zugrunde. In allen Szenarien wird von einem Rückgang der Nettoproduktion in der ersten Dekade ausgegangen. In der Folgezeit zeigen die Modelle wieder einen Anstieg der äquivalenten Netto-Volllaststunden, der allerdings sehr stark variiert.

4. Andere Brennstoffe

(1413) Geothermie, Biogas, Biomasse, Müll und Wasserstoff aus erneuerbaren Energien konstituieren die „anderen Brennstoffe“ (vgl. Abbildung 5-26). Auch in diesem Bereich fallen die Ausgangswerte bei beiden Instituten

Abbildung 5-25

Entwicklung der Netto-Engpassleistung der Wasserkraft in den Szenarien in GW

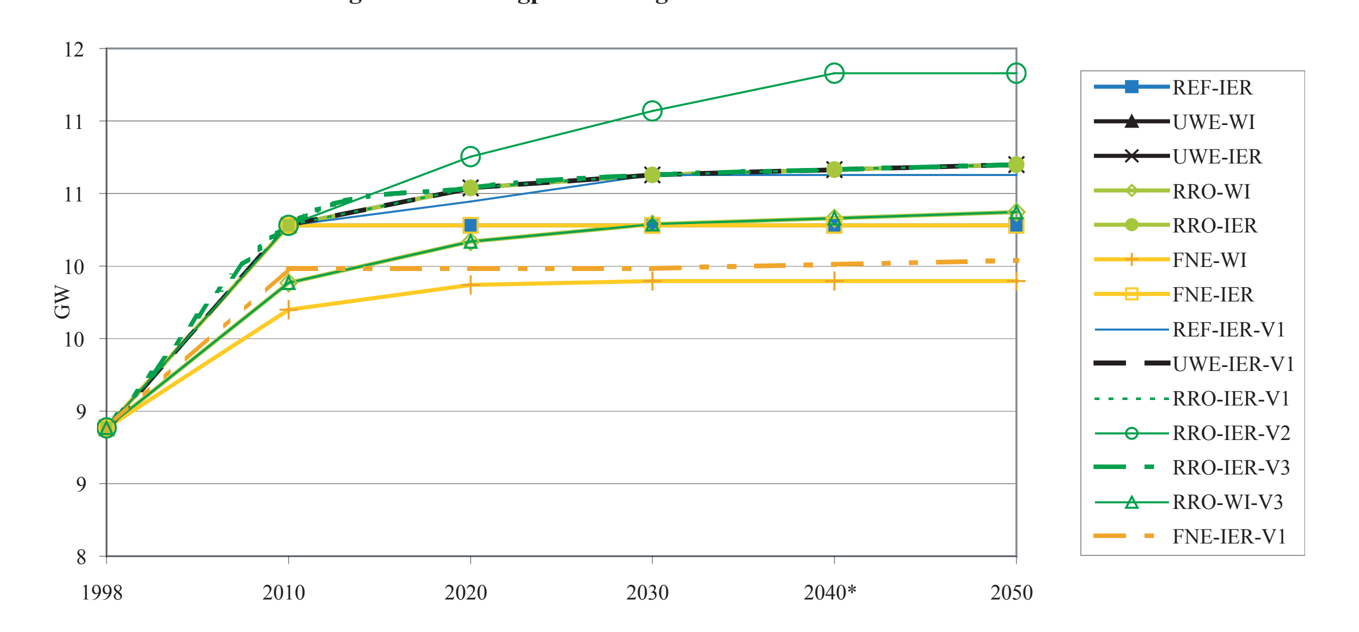
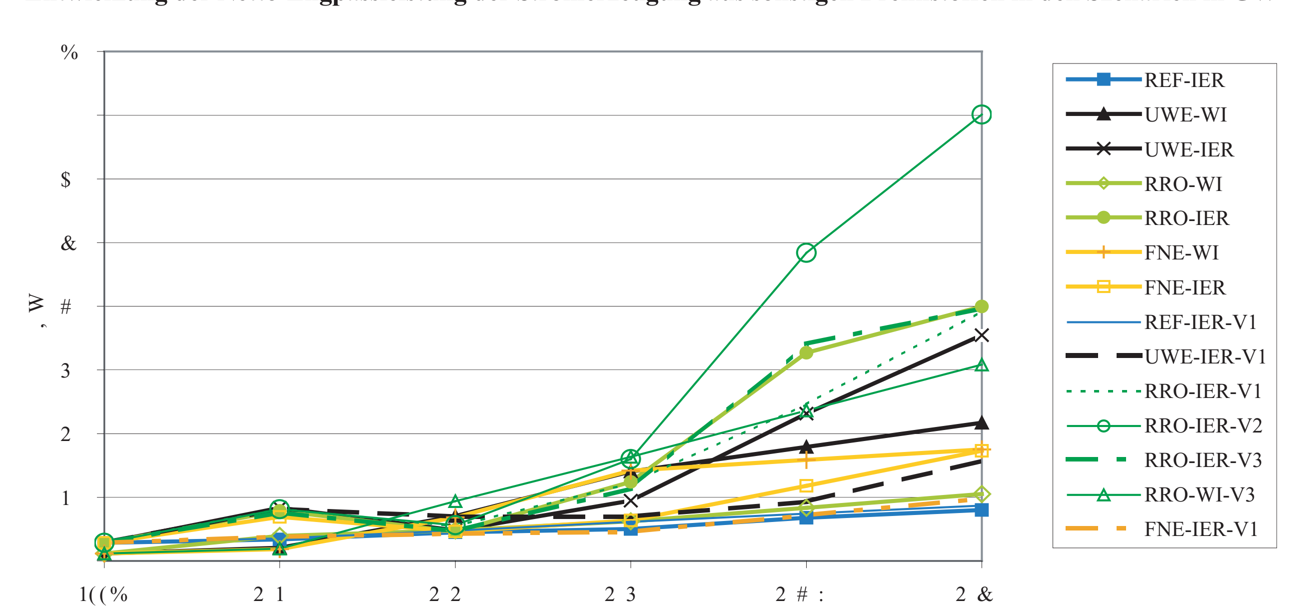


Abbildung 5-26

Entwicklung der Netto-Engpassleistung der Stromerzeugung aus sonstigen Brennstoffen in den Szenarien in GW



leicht unterschiedlich aus. In allen Hauptszenarien liegt der Ausbau deutlich über dem des Referenzverlaufs. Für das Jahr 2050 reicht die Bandbreite der Ergebnisse von etwa 17 GW bis zu 40 GW (Werte für 1998: 2,9 GW bei IER; 1,2 GW bei WI).

(1414) Der deutlichste Ausbau dieser vielfältigen Technologiegruppe findet im Szenario zur solaren Vollversorgung statt. Hier spielt die Verstromung von Biomasse, geothermischer Wärme, Biogas, Wasserstoff und Müll größenordnungsmäßig eine ähnliche Rolle wie heutzutage Steinkohle, Braunkohle und Kernkraft zusammen. Technisch sind diese also durchaus substituierbar. Die größten Anteile entfallen hierbei auf die Geothermie im Hot-Dry-Rock-Verfahren (aus der z. B. in 2050 bei FNE-IER 13 TWh/a in Kraft-Wärme-Kopplung und zusätzlich 29 TWh Strom ungekoppelt erzeugt werden) und auch auf die Biomasseverstromung.

5.2.2.5 Nuklearenergie

(1415) Mit Ausnahme der Variante 3 des REG-/REN-Szenarios (RRO), bei dem von einem vorgezogenen Ausstieg aus der Kernenergie schon vor 2010 ausgegangen wird, sowie der FNE-Szenarien zeigt keines der Szenarien eine signifikante Änderung in der Netto-Engpassleistung der Kernkraftwerke bis 2010 (vgl. Abbildung 5-27). Im weiteren Verlauf folgen die Szenarien UWE und RRO dem geplanten Ausstieg aus der Kernkraft und zeigen somit lediglich geringe Abweichungen vom Referenzszenario.

(1416) Nur die FNE-Szenarien weisen entsprechend der Szenarioannahmen einen Ausbau der nuklearen Stromgewinnung auf (vgl. Abbildung 5-28). Dabei wird in der Simulation des WI der Anteil der Kernenergie an der Stromerzeugung begrenzt, um ein Mindestmaß an Diversifizierung sicherzustellen; beim IER wird keine Nutzungsgrenze gesetzt. Bis zum Jahr 2050 entspricht der Ausbau bei IER etwa einer Vervierfachung gegenüber 1998, bei WI ist es etwa eine Verdreifachung. Lediglich die Variante 1 von FNE-IER, in der niedrigere Kostenannahmen für Kernkraft getroffen werden, zeigt eine noch stärker ausgeprägte Zunahme.

(1417) Die Entwicklung der Kernenergie erfolgt im Szenario des IER annähernd linear. WI simuliert einen leichten Rückgang von 2010 bis 2020, dem nach einer moderaten Zunahme bis etwa 2020 eine starke Zunahme ab 2030 folgt. Der Anteil am Primärenergieverbrauch im FNE-Szenario beider Institute erreicht im Jahr 2050 Werte um 50 %.

5.2.2.6 Zusammenfassung und Bewertung

(1418) Abbildung 5-29 stellt die aus den Simulationen resultierenden Kraftwerksportfolios im Jahr 2050 dar. Die resultierenden Nettostrommengen werden in Abbildung 1-2, zusammengestellt. Deutlich sind die vier Szenarienfamilien zu unterscheiden. So unterschiedlich die Lösun-gen der Berechnungen des WI und des IER sind, so unterschiedlich die Ausbaupfade in den einzelnen Szenarien sind: In keinem Szenario gibt es grundsätzliche Probleme, die gewünschten Technologiepotenziale auszubauen.

(1419) Trotz der unterschiedlichen Annahmen der beiden Institute kann man ableiten, dass die beschriebenen Szenarien technologisch darstellbar sind, solange die angenommenen zukünftigen Entwicklungen sich realisieren. Dies ist nur im Fall der CO_2-Speicherung fraglich, wo einige der Annahmen noch nicht in Demonstrationsanlagen realisiert wurden.

(1420) Modellimmanent sind bei den IER-Szenarien teilweise große, manchmal unrealistische Variationen der Aus-

Abbildung 5-27

Entwicklung der Netto-Engpassleistung in der nuklearen Stromerzeugung der Szenarien in GW

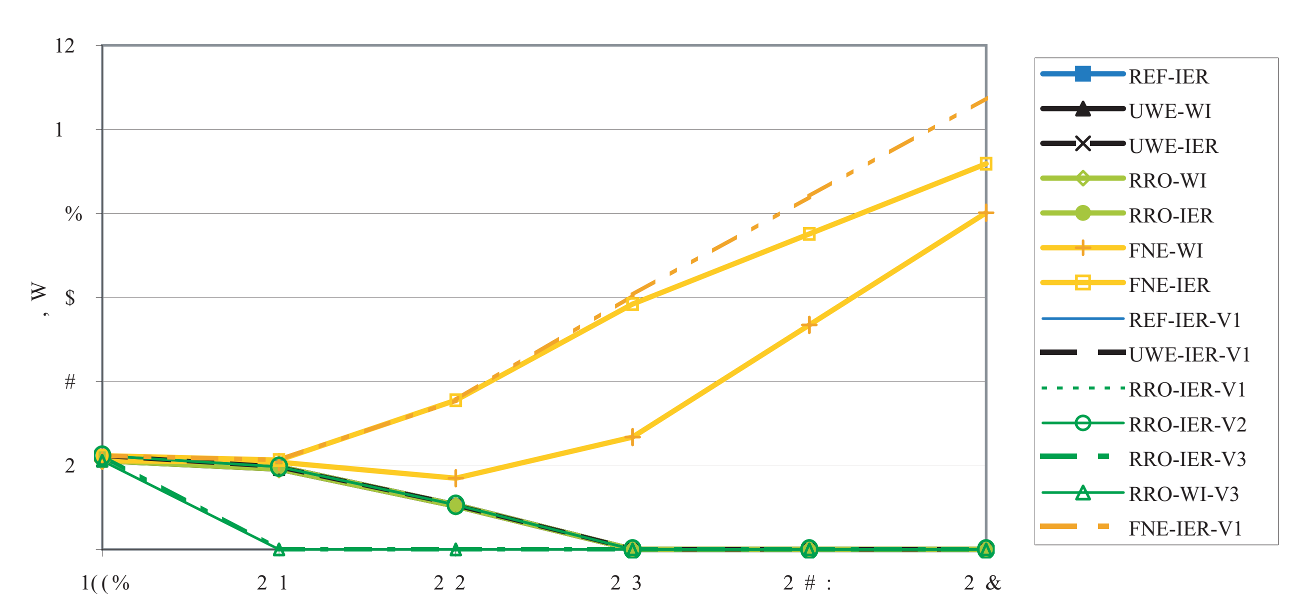


Abbildung 5-28

Entwicklung der Nuklearenergie im Primärenergieverbrauch der Szenarien in PJ

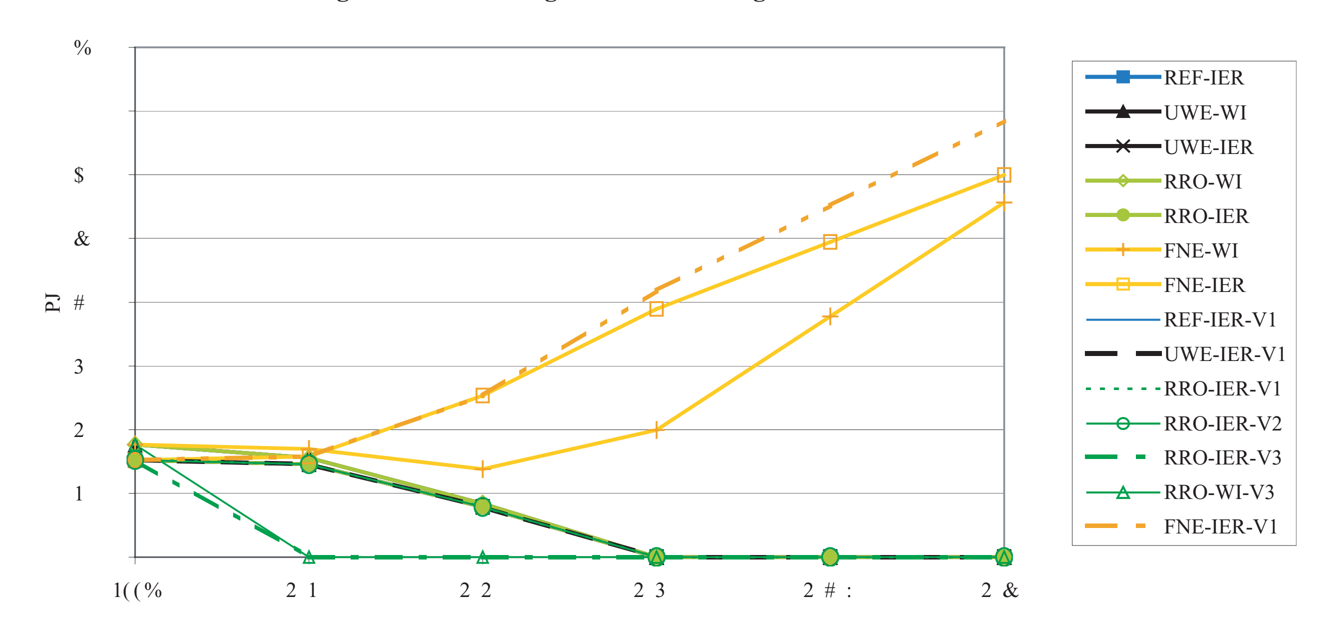
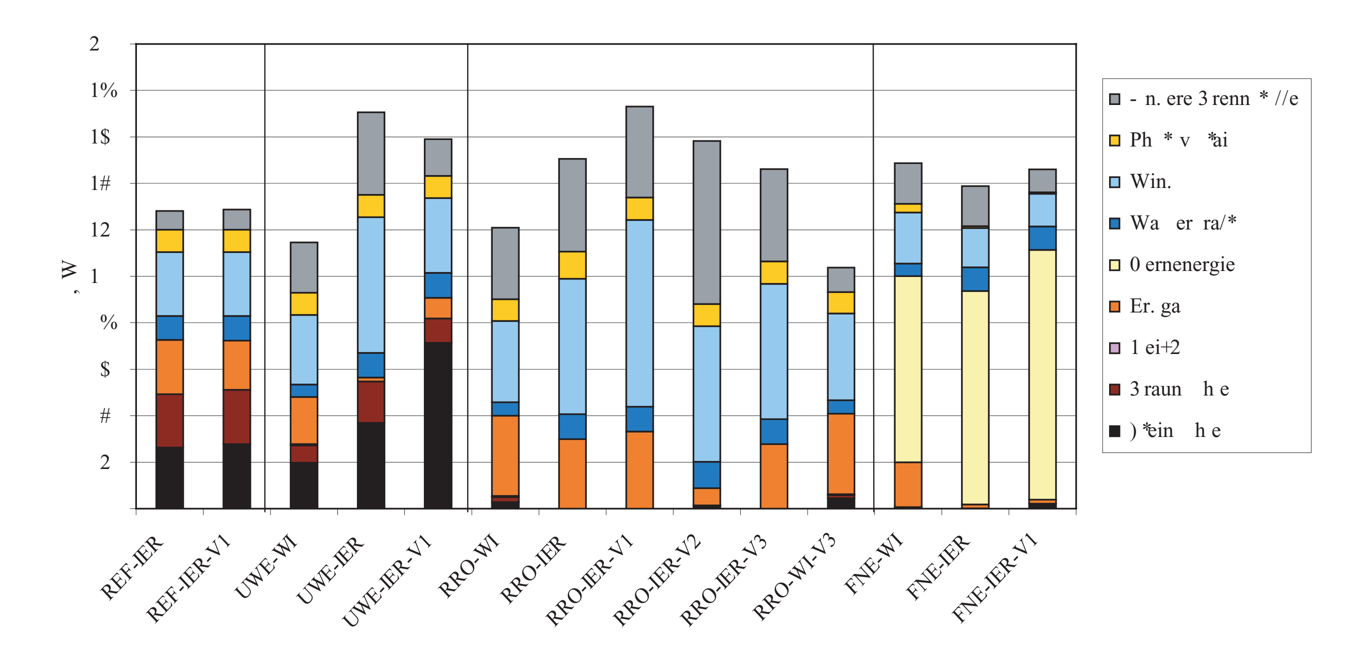


Abbildung 5-29

Zusammensetzung des Kraftwerksparks der verschiedenen Szenarien im Jahr 2050 in GW



baustrategien in nur einem Jahrzehnt zu beobachten. Die Potenziale an erneuerbaren Energien reichen in allen Szenarien – auch in der Vollversorgungsvariante – aus, um die benötigten Ausbaupfade zu realisieren. Dabei werden beim IER in einigen Fällen höhere Installationsraten erreicht als beim WI. Die Unterschiede in der Endenergienachfrage führen, analog zum Ausbau der Kraftwerkskapazität, zu einem geringeren Ausbau beim WI als beim IER.

(1421) Kasten 5-1, verdeutlicht dies noch einmal im Vergleich aller Ausbaupfade. Folgende Schlussfolgerungen können hier allgemein gezogen werden:

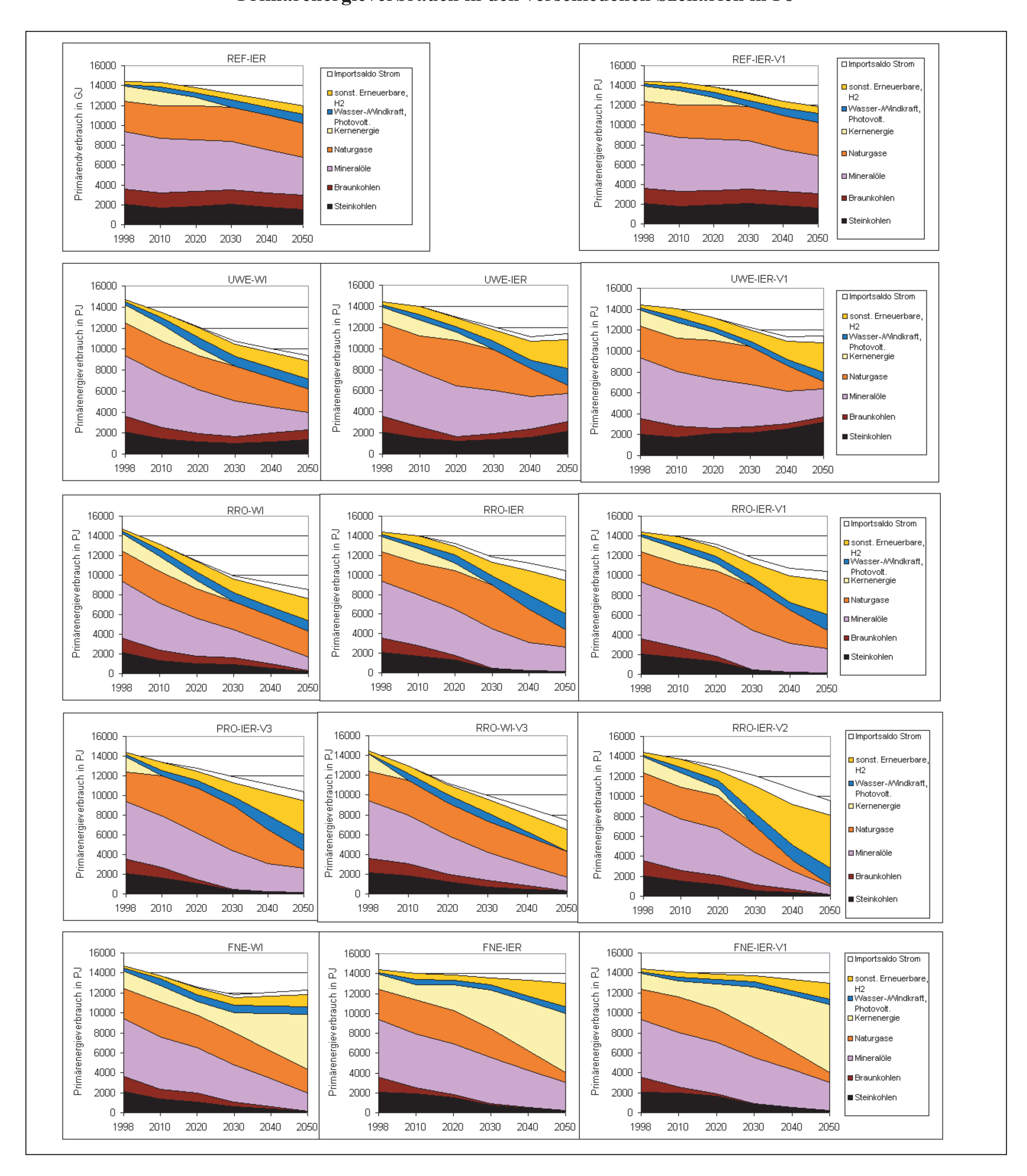
– Auf die Kernkraft kann verzichtet werden. Unter Nachhaltigkeitskriterien muss auf die Kernkraft verzichtet werden.

– Eine maßgebliche Rolle für Stein- und Braunkohle kann nachhaltig nur dann aufrechterhalten werden, wenn die dauerhafte CO_2-Speicherung technisch und zu erschwinglichen Kosten gelöst wird.

– Erdgas nimmt, insbesondere in den Szenarien des IER, eine wichtige Brückenfunktion beim endgültigen Übergang zu CO_2-freien Energieträgern ein.

Kasten 5-1

Primärenergieverbrauch in den verschiedenen Szenarien in PJ



– Eine solare Vollversorgung ist möglich. Somit ist die „REG/REN-Offensive“ in ihrer Hauptform ein durchaus gangbarer und logischer Entwicklungspfad, der auch für Zeiträume jenseits der hier betrachteten Horizonte weitere Entfaltungsmöglichkeiten zulässt.

(1422) Zusammenfassend können nur gegen die zukünftige Entwicklung im Sinne der REG/REN-Offensive keine schwerwiegenden Bedenken aufgrund von Nachhaltigkeitserwägungen oder ungelöster technischer Probleme eingewendet werden. Die Kommission empfiehlt daher eine Orientierung in diese Richtung.

5.2.3 Kosten der Szenarien

(1423) Die gesamtwirtschaftlichen Kosten eines Energiesystems bilden ein wesentliches Kriterium für die Bewertung verschiedener Entwicklungspfade. Bei Szenarien, die weit in die Zukunft reichen, ist dieser Bewertungsmaßstab angesichts der erheblichen Quantifizierungsprobleme allerdings mit beträchtlichen Unsicherheiten verbunden. Hinzu kommt – s. u. – noch eine Reihe von Interpretationsproblemen mit Blick auf den Charakter der zugrunde liegenden Kosten (z. B. einzelwirtschaftliche bzw. volkswirtschaftliche Kosten; interne und/oder externe Kosten u. ä.). Ungeachtet dieser Schwierigkeiten sind bei den Szenarien, die für die Kommission erarbeitet wurden, die jeweiligen Systemkosten ermittelt und ausgewiesen worden.

(1424) In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse der Modellrechnungen kostenseitig miteinander verglichen. Dies ist jedoch nur eingeschränkt möglich, da die Gutachter von verschiedenen Annahmen ausgingen und entgegen der ursprünglichen Zielsetzung der Kommission von den Gutachtern auch noch unterschiedliche Basisdatensätze verwendet wurden. Die wichtigsten Unterschiede in Basisannahmen, Berechnungsverfahren, Ergebnissen und Bewertungen werden im Folgenden analysiert und diskutiert.

(1425) Ein wesentlicher Input für die Modellrechnungen, insbesondere bei Optimierungsmodellen für den Energiesektor, sind die Kosten, die für Brennstoffe, Investitionen und Transaktionen angesetzt werden. Die Kommission hat wesentliche Basisdaten für die gesamte Studie einheitlich vorgegeben. Zu diesen Basisdaten gehören die Importenergieträgerpreise für Kohle, Öl und Erdgas[12] sowie die Investitionskosten und die Finanzierungsparameter (Zinssätze, Abschreibungsmethoden, Nutzungsdauern) für typische konventionelle und regenerative Energietechnologien.[13] Bei der Fülle der Daten, die für eine so hochkomplexe Simulations- bzw. Optimierungsrechnung nötig sind – die Modelle rechnen jeweils mit mehreren tausend technologischen Varianten und Maßnahmen – konnte und wollte die Kommission die Basisdaten jedoch nicht vollständig vorgeben bzw. harmonisieren und beschränkte sich auf wenige Technologien, die erfahrungsgemäß eine besondere Rolle spielen.

(1426) Die Studiennehmer mussten im Rahmen der vorgegebenen Spielräume zusätzlich eigene Annahmen treffen. Zudem wurden die vereinbarten Vorgaben der Kommission von den Studiennehmern teilweise unterschiedlich interpretiert und implementiert. Beispielsweise wurden die Kosten für Einspartechnologien und Effizienzmaßnahmen in den Nachfragesektoren Industrie, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und Haushalte von den Studiennehmern im Sinne der Ergebnisse der Potenzialstudie der Kommission weiter detailliert. Dabei ließen sich Unterschiede zwischen den Ansätzen der beiden Institute nicht vermeiden. Im Ergebnis der Berechnungen zeigt sich jedoch, dass selbst kleine Abweichungen in den Kostenannahmen zu relativ großen Unterschieden in den Ergebnissen führen können. In den nächsten Abschnitten wird dies an Hand exemplarischer Beispiele verdeutlicht.

(1427) Zusätzlich zu den Unterschieden zwischen den Berechnungen der Gutachter wurden methodische Ansätze verwandt, die die Vergleichbarkeit, aber auch die Aussagekraft der Kostenberechnungen einschränken. So folgen die Berechnungen einem gesamtwirtschaftlichen Ansatz, d. h. sie werden auf Kostenbasis durchgeführt. Bei diesem methodischen Ansatz werden gesellschaftliche Transfers, Gewinne, Subventionen etc. ausgeblendet, die neben den Kosten Eingang in die Preise finden. In der realen Welt folgt das ökonomische Entscheidungskalkül der Wirtschaftssubjekte natürlich nicht den Kosten sondern den Preisen. So werden beispielsweise bei den auf Kosten aufbauenden Berechnungen im Verkehrssektor für die Kraftstoffe nur die Gestehungskosten, d. h. ohne Mineralölsteuer (die als gesellschaftlicher Transfer jedoch bis zu 80 % des Preises determiniert) in Ansatz gebracht. Hier führen die Modellrechnungen zu deutlich anderen Ergebnissen als die Entscheidungen eines Wirtschaftssubjekts, das natürlich die Kraftstoffpreise inklusive Mineralölsteuer in Ansatz bringen wird. Weiterhin tendiert die Datenbasis von Energiesystemmodellen zur Überschätzung der Kosten von Investitionsgütern und Energieeffizienztechnologien, da hier – im Gegensatz zur übersichtlichen Anzahl von Energieträgern und Energieerzeugungstechnologien sowie der detaillierten Ermittlung der Kosten über die Umwandlungsketten – die Bereinigung um die gesellschaftlichen Transfers (Steuern, Subventionen, Gewinne etc.) praktisch kaum möglich ist, und daher vor allem für die Nachfrageseite (hohe) Preise und nicht die idealtypisch anzusetzenden Kosten in Ansatz gebracht werden, die mit (niedrigen) Kosten der Angebotsseite konkurrieren.

5.2.3.1 Unterschiedliche Annahmen bei der Energienachfrage

5.2.3.1.1 Rahmenannahmen für die Umsetzung von Effizienzmaßnahmen

(1428) Die Studiennehmer haben die Szenarienphilosophien insbesondere in den Nachfragesektoren unterschiedlich interpretiert und in ihren Modellen umgesetzt (vgl. Tabelle 5-6). Ein Sektor, in dem dies besonders deutlich wird, ist der Gebäudebereich, für den unterschiedlich hohe Raten für die energetische Sanierung angenommen werden. In den Simulationen des WI werden von Anfang an die Energieeinsparungen betont und von vornherein

[12] Vergleiche Analyseraster im Anhang.

[13] Vergleiche Kap. 4.3.6 und Zwischenbericht Szenarienstudie.

erhöhte energetische Sanierungsraten angenommen. In der jeweils zeitpunktbezogenen Optimierung des IER wird dagegen der Effizienzzuwachs in spätere Jahre verschoben. Die Simulation des WI antizipiert also von vornherein die zukünftige Notwendigkeit der Setzung von Standards, während das Optimierungsmodell des IER die entsprechenden Maßnahmen erst zu dem Zeitpunkt be-rücksichtigt, in welchem sie – auch aufgrund erhöhter Importrohstoffpreise – den Status der kostengünstigsten Option erreichen. Bei Technologien mit sehr langen Ersatz- oder Sanierungszyklen hat dies natürlich erhebliche Auswirkungen.

(1429) Diese verschiedenen Markteinführungskonzepte und die unterschiedliche Einschätzung der Einsparpotenziale und Kosten der Effizienzmaßnahmen bei den Instituten führen dazu, dass bei WI der Endenergieverbrauch in den Haushalten (Abbildungen 5-5 und 5-6) und im GHD-Sektor (Abbildung 5-7) mehr oder weniger gleichmäßig reduziert wird, während er bei IER relativ lange auf einem konstanten Niveau bleibt und erst später stark reduziert wird. Diese Annahme führt nicht nur zu einer Konzentration von Investitionen in Effizienzmaßnahmen in den letzten Simulationsperioden, die unter Umständen teurer und weniger effektiv ausfallen. Die auch beim Stromverbrauch spät einsetzenden Effizienzmaßnahmen führen auch zum Ausbau von Kraftwerkskapazitäten in früheren Perioden, die in späteren Zeiträumen unter Umständen nicht mehr notwendig sind oder dann billiger gebaut werden könnten.

5.2.3.1.2 Sektorspezifische versus globale Optimierung

(1430) Eine wesentliche Ursache für die Kostendifferenzen zwischen den Szenarien der beiden Studiennehmer ist auch darin zu sehen, dass einerseits eine sektorspezifische, andererseits eine sektorübergreifende, globale Optimierung verfolgt wird. Während WI für die Bestimmung der Nachfrage für einzelne Sektoren von durchaus unterschiedlichen Kalkülen ausgeht und dadurch unter Umständen verschieden hohe marginale Kosten für Einsparmaßnahmen in den Sektoren erhält, optimiert IER in allen Sektoren gleichzeitig. Dies entspricht der Annahme eines vollständig funktionsfähigen Marktes, auf dem alle Akteure des Energiesystems in Bezug auf alle Energieversorgungs- und -einspartechnologien für alle Sektoren in theoretisch idealer Weise konkurrieren. Diese idealen Bedingungen sind jedoch in der Realität nicht anzutreffen. In der Praxis werden eher sektoral unterschiedliche Verhältnisse anzutreffen sein, die durch die Diversität der Investoren bedingt sind – private Hausbesitzer oder Mieter weisen z. B. ein anderes Investitionsverhalten auf als Energieversorgungsunternehmen oder Industriebetriebe (vgl. hierzu Kapitel 6).

(1431) Die von IER simulierte, gesamtwirtschaftliche Allokation von Investitionen und Maßnahmen gibt erste Hinweise auf diejenigen Sektoren, die für die verfolgten Ziele besonders wichtig sind. Eine belastbare Gesamtaussage kann jedoch erst dann gewonnen werden, wenn die unterschiedlichen Handlungsrationalitäten (und -realitäten) in den verschiedenen Sektoren einbezogen werden, wie dies in den Simulationsrechnungen des WI erfolgt. Andererseits erfolgt die Umsetzung von Energiespar- und Emissionsminderungspotenzialen in den einzelnen Sektoren im Simulationsmodell des WI eher intuitiv (basierend auf der Abschätzung der Wirksamkeit und Umsetzbarkeit von Politikinstrumenten) und nicht modellgestützt. Letztlich können breit fundierte Ergebnisse nur aus einer Gesamtschau beider Ansätze abgeleitet werden.

5.2.3.1.3 Kostendegression bei Effizienztechnologien

(1432) Ein weiterer Unterschied der Szenarienphilosophien der beiden Gutachter besteht in den Annahmen über die künftigen Kosten von Effizienztechnologien. WI setzt auch für die Effizienzmaßnahmen Kostendegressionen an und geht dabei von der Annahme aus, dass bei dynamischer Weiterentwicklung die wirtschaftlichen Einsparpotenziale im Vergleich zur Referenzentwicklung im zeitlichen Verlauf auf konstantem Niveau gehalten werden können (d. h. die im Trend jedes Jahr umgesetzte Effizienzsteigerung wächst im Potenzial durch technische Entwicklungen wieder zu). Für das Szenario „REG/REN-Offensive“ wird zusätzlich unterstellt, dass die technischen Potenziale im Rahmen einer Effizienzstrategie durch Lerneffekte und durch eine Forcierung der Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen im Bereich der Einspartechnologien im Verlauf des Betrachtungszeitraums zu wirtschaftlichen Potenzialen werden.

(1433) IER auf der anderen Seite hält die Kosten von Effizienzmaßnahmen unabhängig von der Szenarienphilosophie konstant. Hier wird jedoch angenommen, dass dieselben Effizienzmaßnahmen in späteren Jahren wegen der steigenden Rohstoffpreise schon bei niedrigeren spezifischen Strom- und Brennstoffverbräuchen (z. B. in der Industrie gemessen in MJ/€) kosteneffektiv werden. Dies führt aufgrund der hohen Sensitivität der Modelle auf Energieträgerpreise vor allem im Industriebereich zu einer schnelleren Ausschöpfung von Effizienzpotenzialen.

5.2.3.1.4 Verkehrssektor

(1434) Im Verkehrssektor sind die Annahmen der Studiennehmer derart unterschiedlich, dass es im Ergebnis zu Differenzen im Endenergieeinsatz von bis zu 70 % in einzelnen Szenarien kommt (vgl. 5.2.1.4). Dies führt zu großen Auswirkungen auf der Kostenseite und erschwert die Interpretation der errechneten Systemkosten maßgeblich. Einige der unterschiedlichen Ansatzpunkte, nämlich die Annahmen über die Effizienzentwicklung der Motoren und zukünftigen Antriebssysteme sowie die Annahmen über die Fahrzeugauslastung und den Modal Split, werden hier in ihren Konsequenzen für die Systemkosten andiskutiert.

(1435) Zur Effizienzentwicklung der Fahrzeuge nimmt z. B. WI an, dass bei steigenden Kraftstoffpreisen und einer sich allgemein stärker an Klimaschutzgesichtspunkten orientierenden Energienutzungskultur ein freiwilliger Übergang der Nutzer auf verbrauchsärmere, hubraumär-

mere und leichtere Fahrzeuge stattfinden wird. Das Verkehrsverhalten wird stattdessen beim IER auf der Basis der Preise für raffiniertes Mineralöl berechnet, die schon heute nur einen Bruchteil des Endverbraucherpreises ausmachen. Die Auswahl der Effizienzmaßnahmen wird im WI-Modell dagegen aufgrund der einzelwirtschaftlichen Situation getroffen, d. h. sie orientiert sich an real deutlich höheren Kraftstoffpreisen, was zu der Bereitschaft führt, insgesamt deutlich höhere Energieeinsparungen durchzuführen. Dies führt natürlich zu niedrigeren laufenden Kosten pro Personen- und Tonnenkilometer, aber höheren Investitionskosten. Letztere werden allerdings durch den o. g. freiwilligen Umstieg der Verbraucher auf andere Fahrzeuge zumindest zum Teil kompensiert.

(1436) Kostenmindernd wirkt sich auch die Vorgabe der Kommission aus, dass in den Szenarien Umwandlungseffizienz und „REG/REN-Offensive“ ohne zusätzliche Kosten ein bestimmter Anteil des motorisierten Verkehrs über kurze Distanzen auf nicht-motorisierte Verkehrsträger übergehen solle. Dies reduziert die Kosten in allen Szenarien.

(1437) Dagegen wirkt die Vorgabe der Kommission eines festgelegten Modal Split des motorisierten Verkehrs in den Szenarien Umwandlungseffizienz und „REG/REN-Offensive“ als Bremse für eine Kostenoptimierung, auf die im Szenario „Fossil-nuklearer Energiemix“ von IER verzichtet wurde, wo somit Kosten gespart werden konnten. Durch diesen Optimierungsschritt der Neuverteilung des Verkehrs unter den motorisierten Verkehrsträgern kann, den Rechenergebnissen des IER und den von diesem für die Veränderung des Modal Split unterstellten Kosten folgend, bereits rund die Hälfte der zwischen den Szenarien RRO und FNE ermittelten Differenzkosten erklärt werden – ganz ohne dass die übrigen energiewirtschaftlichen Bereiche involviert sind. Umgekehrt bringt die Festlegung des Modal Splits im Szenario „REG/REN-Offensive“ bereits Mehrkosten gegenüber dem Referenzszenario mit sich, die die Einsparung durch die Verlagerung auf nicht motorisierte Verkehrsträger überkompensieren.

(1438) In späteren Phasen des modellierten Zeitraumes wird das Mineralöl mehr und mehr verdrängt. Auch hier kommen neue Kostenfaktoren ins Spiel, die zu Unterschieden zwischen den konkurrierenden Modellen führen und eine Interpretation erschweren. Während WI die Brennstoffzelle auf Wasserstoffbasis als Antrieb der Zukunft einführt, setzt IER auf die direkte Stromanwendung in Elektrofahrzeugen und Oberleitungsbussen. Dies ergibt sich aus der bei IER etablierten Stromsubstitutionsstrategie (s. u.), die die Kostenentwicklungen aus dem Stromsektor auf den Verkehrssektor überträgt, d. h. die Szenarien mit einer angenommenen Verbilligung des Stromangebots, insbesondere „Fossil-nuklearer Energiemix“, werden gesamtwirtschaftlich gerechnet noch günstiger.

5.2.3.2 Stromgestehungskosten

5.2.3.2.1 Berechnungsverfahren für Stromgestehungskosten

(1439) Von besonderer Bedeutung ist in diesem Zusammenhang die unterschiedliche Fortschreibung der Energieträgerpreise nach 2050 zwischen WI und IER. Die IER-Berechnungsweise und die Annahmen über die Entwicklung der Brennstoffkosten führt insbesondere für die Betrachtung von Kernkraftwerken, die gegen Ende des Zeitspektrums errichtet werden, zu einer günstigeren Bewertung, da zwar für die fossilen Energieträger von weiteren linearen Preissteigerungen ausgegangen wird, für die Brennstoffzykluskosten der Kernkraftwerke nach 2030 aber keine weitere Preissteigerung mehr unterstellt ist. Gegenüber der Berechnungsmethode des WI führt allein der letztgenannte Punkt für das Jahr 2050 schon zu einem Kostenunterschied der Gestehungskosten in Kernkraftwerken von ca. 0,2 $Ct./kWh_{el}$, der sich bis 2070 auf etwa 0,4 $Ct./kWh_{el}$ erhöht. Die von IER durchgeführte Fortschreibung des Anstiegs der Steinkohlepreise führt zusätzlich zu einer Differenz von rund 0,5 $Ct./kWh_{el}$ in 2070.

5.2.3.2.2 Weitere Unterschiede bei der Behandlung der Kernenergie

(1440) Neben den Unterschieden bei der Fortschreibung der Brennstoffpreise, werden vom IER weitere Vorgaben gewählt, die sich zu Gunsten der Kernkraft auswirken. So wurden statt den für neue Kernkraftwerke im Szenario FNE vorgegebenen 40 Betriebsjahren, die etwa 32 Volllastjahren entsprechen, in der IER-Berechnung für das Szenario „Fossil-nuklearer Energiemix“ für die bestehenden Anlagen 40 Volllastjahre angesetzt (ca. 50 Betriebsjahre), also eine Lebensverlängerung um 25 %. Dadurch errechnen sich vor dem Hintergrund der auf die Lebenszeit der Anlagen annuitätisch umgelegten Investitionskosten für Kernkraftwerke erheblich günstigere Stromgestehungskosten. Darüberhinaus ist zu hinterfragen, inwieweit die unterstellte Lebensdauerverlängerung nicht zwangsläufig mit zusätzlichen Aufwendungen im Bereich Nachrüstung und Sicherheitstechnik verbunden ist. Nach Angaben der Studiennehmer gehen etwa 6 bis 7 % der Unterschiede in den Differenzkosten zwischen den Szenarien „REG/REN-Offensive“ und „Fossil-nuklearer Energiemix“ auf die von IER gesetzte Annahme von 40 Volllastjahren der Kernkraftwerke (ohne Berücksichtigung der Kosten von Ertüchtigungsmaßnahmen) zurück.

(1441) In den Vorgaben der Kommission für die Kraftwerksdaten wurden die Brennstoffzykluskosten für die Kernenergie lediglich bis zum Jahr 2030 fixiert. Dabei wird mit einem Anstieg von ca. 1,1 $Ct./kWh_{el}$ im Jahr 2000 auf ca. 1,4 $Ct./kWh_{el}$ im Jahr 2030 gerechnet. Die Kommission ging, ähnlich wie bei den fossilen Energieträgerpreisen, von einer weiteren, linearen Steigerung aus. Das WI ist dem in seinen Berechnungen gefolgt und kommt für 2050 zu Kosten von ca. 1,6 $Ct./kWh_{el}$. Dagegen hält das IER den Wert von 2030 auch für das Jahr 2050 und darüber hinaus konstant. Damit weicht das IER ausschließlich bei der Kernenergie von den ansonsten weitgehend linearen Preisentwicklungspfaden ab. Angesichts der auch hier zu erwartenden steigenden Kosten etwa für die Urangewinnung und -aufbereitung, bei zunehmendem Anfall hochradioaktiver Abfälle und bei der heute noch ungelösten Endlagerungsfrage hält die Kommission dies nicht für plausibel.

(1442) WI schätzt überschlägig, dass bei einer mittleren Kernenergiestromerzeugung von etwa 600 TWh/a im Zeitraum 2030 bis 2050 die unterschiedlichen Annahmen für die Brennstoffzykluskosten (0,2 Ct./kWh$_{el}$ im Jahr 2050) zu einer Differenz von 0,61 Mrd. €/a bzw. rund 12,3 Mrd. € kumuliert führen. Berücksichtigt man wegen der Transportkosten im Mittel höhere Kosten für die Steinkohle von größenordnungsmäßig 0,2 Ct./kWh$_{el}$, so resultieren bei einem mittleren Beitrag der Steinkohle zur Stromerzeugung im Referenzszenario von 180 TWh (zwischen 2000 und 2050) höhere Differenzkosten zugunsten des FNE-Szenarios von kumuliert 18,4 Mrd. €. Ob und inwieweit sich diese Differenzen aufgrund der im Modell angewendeten dynamischen Berechnungsweise erhöhen, kann nicht bestimmt werden. Ein weiterer Faktor, der sich ebenfalls kostensenkend auf das Szenario „Fossil-nuklearer Energiemix“ auswirkt, ist die Tendenz beider Gutachter zur maximalen Auslastung der Kernkraftwerke (fast immer > 7 200 h/a), die zu minimalen Stromgestehungskosten führen (Tabelle 5-10, vgl. Abschnitt 5.2.1.2.8).

5.2.3.2.3 Weitere unterschiedliche Annahmen

(1443) Neben den angeführten Faktoren können noch andere Annahmen und Berechnungsmethoden zu den Unterschieden in den Stromgestehungskosten beitragen, die allerdings im Nachhinein nicht mehr vollständig rekonstruiert sondern nur noch in Ansatzpunkten diskutiert werden können.

(1444) Beispiele für solche Faktoren sind die von den Studiennehmern getroffenen Annahmen über Transportaufwendungen für Brennstoffe. IER geht in den Rechnungen für die Steinkohle von Transportaufwendungen von im Mittel 30 % aus. Dies entspricht eigenen Angaben zufolge einem Mix aus küstennahen Standorten und solchen, die nur durch teuren Binnenschifftransport bzw. sehr teuren Bahntransport zu erreichen sind (die Gesamtspanne wird mit 7 bis 53 % angegeben). Dagegen geht WI von deutlich geringeren Transportkostenanteilen aus, nämlich von rund 15 % im Jahr 2010, fallend auf etwa 10 % im Jahr 2050. Das entspricht angesichts der unterstellten steigenden Kohlepreise real etwa konstanten Aufwendungen für den Transport. Ein geringerer Satz scheint dem WI allein deshalb gerechtfertigt, weil im Szenario Umwandlungseffizienz eine zentralisierte, großmaßstäbliche Kohleverstromung mit CO_2-Entsorgung wegen der hierzu als Endlager notwendigen, ausgeförderten Erdgas-/Erdölfelder tendenziell eher an der Küste erfolgen wird. Auch unter Referenzbedingungen mit stark zunehmender Kohleverstromung wird sich das Gewicht stärker zu küstennahen Standorten verlagern. Für das Jahr 2050 ermittelt sich aus den unterschiedlichen Annahmen eine Differenz von rund 0,45 €/GJ bzw. 0,82 €/MWh, was bei einem Wirkungsgrad der Kohlekraftwerke von 52 % zu zusätzlichen Kosten von etwa 0,3 Ct./kWh$_{el}$ führt.

(1445) Für die Braunkohle geht IER von Gewinnungskosten von 9 €/t bei jährlichen Steigerungsraten von 1,5 %/a aus (entsprechend 1 €/GJ). WI unterstellt hier im Jahr 2000 gegenüber den Unternehmenszielwerten rd. 30 % höhere Werte, legt allerdings nur eine Preissteigerung von 0,8 %/a zugrunde. Diese beispielhafte Darstellung von Faktoren, die die Vergleichbarkeit der Systemkosten erschweren, mag genügen.

5.2.3.2.4 Erneuerbare Energien

(1446) Für die Technologien zur Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Quellen wurde angenommen, dass durch eine zügige, weltweite Markteinführung in den nächsten Jahrzehnten deutliche Kostendegressionseffekte eintreten werden (vgl. Kapitel 4.3.6). Diese wurden in beiden Modellen in gleichem Maße berücksichtigt. Zudem wurde einheitlich angenommen, dass die Lerneffekte in der Kostendegression exogen sind, d. h. sie finden durch Massenabsatz der Technologien auf dem Weltmarkt statt und werden nicht von den deutschen Zubauzahlen maßgeblich beeinflusst.

Tabelle 5-10

Mittlere Auslastung des gesamten Kraftwerksparks in den Hauptszenarien (Nettostromerzeugung zu Nettoengpassleistung)

Szenario	Institut	1998	2010	2020	2030	2040	2050
Referenzszenario		4 462	4 735	4 863	4 751	k. A.	4 332
UWE	IER	4 468	4 325	4 486	3 910	3 585	3 549
UWE	WI	4 768	4 878	4 446	4 117	k. A.	3 672
RRO	IER	4 468	4 385	4 258	4 061	3 269	3 130
RRO	WI	4 768	4 784	4 413	4 097	k. A.	3 177
FNE	IER	4 468	4 210	4 793	4 891	5 354	5 765
FNE	WI	4 768	4 974	4 748	4 533	k. A.	5 206
FNE Kernkraftwerke	IER	6 858	7 443	7 520	7 263	7 211	7 178
FNE Kernkraftwerke	WI	7 247	7 252	7 250	7 250	k. A.	6 845

k. A. = keine Angabe

(1447) Es gibt trotzdem Unterschiede, die vor allem durch die Wahl der regenerativen Energietechnologien und indirekt durch die verschiedene Einschätzung der Einsparpotenziale bedingt sind. IER setzt die auf absehbare Zeit billigste erneuerbare Technologie Windkraft bis zur vorgegebenen Potenzialgrenze ein. Diese fluktuierende Stromerzeugungsform bedarf relativ hoher back-up-Kapazitäten, um bei wenig Wind die Versorgungssicherheit der Stromversorgung zu gewährleisten. Der Einsatz von Windenergie, verstärkt durch eine hohe Stromnachfrage, führt daher im Modell simultan zu einem Zubau an konventioneller Kapazität als back-up-System und erhöht somit vermutlich im Endeffekt die Kosten der Erreichung der vorgegebenen Steigerung von REG-Anteilen. Im Gegensatz dazu werden beim WI auch andere Parameter mitbetrachtet, die die Wahl der regenerativen Energien mitbestimmen.

(1448) Tendenziell führt die vollständig exogene Festlegung von Kostendegressionen bei rein ökonomisch gesteuerten Modellen wie dem des IER dazu, dass aufgrund des Zusammenspiels von Diskontierung und Lernkurven Investitionen für die langfristigen Ausbauziele so spät in die Investitionsentscheidungen einfließen, dass in bestimmten Fällen die Kostenoptimierung wegen nicht ausgeschöpfter Lerneffekte möglicherweise nicht zu niedrigstmöglichen Systemkosten und realistischen Ansätzen führen kann.

(1449) Zudem rechnet das IER-Modell mit einer Geothermie-Potenzialgrenze, die im Szenario des WI gemäß den Vorgaben der Kommission nicht vorgegeben wird. Sobald aber Potenzialgrenzen greifen, bedingt die Logik der IER-Modellierung, dass auf eine teurere Energiequelle oder Einspartechnologie übergegangen werden muss. Zusätzlich eingeführte Potenzialgrenzen verteuern also in diesem Fall den Einsatz regenerativer Energieträger.

5.2.3.2.5 Zusammenfassung der Kosteneffekte

(1450) Die Gesamtheit der unterschiedlichen Annahmen führt zu den in Tabelle 5-11 für 2050 aufgeführten Stromgestehungskosten für fossile und nukleare Stromerzeugung. Bei der Bewertung dieser Ergebnisse ist, wie bereits diskutiert, eine Reihe von aussagebegrenzenden Faktoren zu berücksichtigen, die mit den von den Studiennehmern gewählten Berechnungsverfahren einerseits und mit den von ihnen getroffenen divergierenden Annahmen andererseits verbunden sind. Zu beachten ist weiterhin, dass es sich bei den in Tabelle 5-11 ausgewiesenen Ergebnissen im Wesentlichen um die aus einzelwirtschaftlicher Sicht maßgeblichen Stromgestehungskosten handelt, die externe Kosten von vornherein ausblenden (vgl. dazu Kapitel 5.3). Nimmt man alle diese Faktoren zusammen, so hält die Mehrheit der Kommission schon die vom IER aus einzelwirtschaftlicher Sicht ermittelten Stromgestehungskosten für Kernkraftwerke für wenig belastbar; unter Einbeziehung der externen Kosten wären Kernkraftwerke aber in jedem Fall gegenüber fast allen konkurrierenden Stromerzeugungssystemen nicht wettbewerbsfähig.

Hemmnisse

(1451) Auch bei der Interpretation der in den Szenarien formulierten Hemmnisse haben beide Institute die Vorgaben der Kommission unterschiedlich interpretiert. Die

Tabelle 5-11

Stromgestehungskosten für verschiedene Technologien im Jahr 2050 unter verschiedenen Annahmen für die Auslastung in Ct./kWh

(WI: statische Betrachtung, linear steigende Energieträgerpreise nach 2030, IER: dynamische Betrachtung, konstante Kernenergiezykluskosten nach 2030, aber linear steigende fossile Brennstoffpreise)

Auslastung in h/a	4 000	4 500	5 000	5 500	6 000	6 500	7 000	7 500	8 000
Steinkohle									
IER	4,7	4,4	4,2	4,0	3,9	3,8	3,7	3,6	3,5
WI	4,3	4,1	3,8	3,7	3,5	3,4	3,3	3,2	3,1
Braunkohle									
IER	5,1	4,7	4,5	4,3	4,1	4,0	3,8	3,7	3,6
WI	4,7	4,4	4,1	3,9	3,7	3,6	3,4	3,3	3,2
Erdgas									
IER	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,9	4,8	4,8	4,8
WI	4,6	4,5	4,4	4,3	4,3	4,2	4,2	4,1	4,1
Kernenergie									
IER	4,8	4,4	4,1	3,9	3,7	3,5	3,4	3,3	3,2
WI	5,8	5,3	5,0	4,7	4,4	4,2	4,0	3,9	3,7

Kommission hat z. B. das Referenzszenario als Basis aller Berechnungen zugrunde legen wollen, um eine möglichst gute Vergleichbarkeit der verschiedenen Szenarien zu gewährleisten. Das WI hat alle Szenarien auf Basis des Referenzszenarios entwickelt. Kommissionsvorgabe war, dass im Szenario FNE weniger politische Vorgaben greifen als in der Referenz. Dies wurde vom IER so interpretiert, dass dieses Szenario insgesamt weniger Restriktionen unterliegt als das Referenzszenario und deswegen hierfür ein neues Basisszenario einer „hemmnisfreien“ Welt berechnet werden müsste, das als besondere Vergleichsbasis für die Simulationen eines „Fossil-nuklearen Energiemixes“ herangezogen wurde. Diese Abweichung von dem von der Kommission vorgegebenen Referenzszenario bedeutet einen erheblichen Kostenvorteil für das Szenario „Fossil-nuklearer Energiemix“ des IER, wie im Folgenden dargestellt wird.

(1452) Die energiewirtschaftlichen Weichenstellungen des Referenzszenarios führen gegenüber diesem Basisszenario zu zusätzlichen Kosten von 145,3 Mrd. €98 (kumuliert, nicht abdiskontiert) bzw. 34,11 Mrd. €98 (kumuliert und abdiskontiert auf 1998). Dies bedeutet, dass das neue Szenario FNE beim Vergleich mit dem Referenzszenario bereits mit diesem oben genannten rechnerischen Kostenvorteil startet. Diese rechnerische Kostenentlastung wird dem Szenario „Fossil-nuklearer Energiemix“ in der IER-Modellierung quasi bereits als Startvorteil „geschenkt“. Immerhin beläuft sich dieser Startvorteil auf zwei Drittel der für eine „REG/REN-Offensive“ zusätzlich durch IER veranschlagten Kosten und auf das Doppelte der Schätzung von WI für die „Zusatzkosten“ des REG/REN-Szenarios. Wie oben bereits erläutert, hat insbesondere der Verkehrssektor großen Anteil an dieser Kosteneinsparung des „Basisszenarios“ gegenüber dem Referenzszenario – die bei oberflächlicher Betrachtung als Argument für die „billige“ Kernenergie in FNE missbraucht werden könnte.

5.2.3.3 Vergleich der Systemkosten

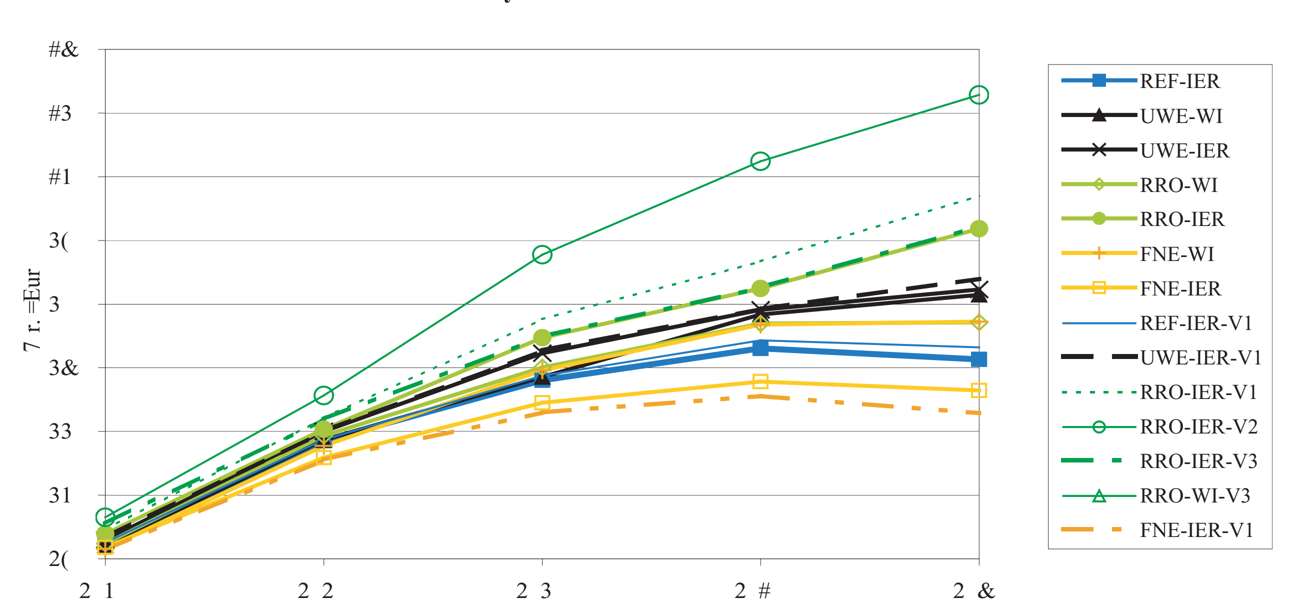
(1453) Die bisherigen Ausführungen haben gezeigt, mit welch großen Spielräumen die Veranschlagung der Kosten in der Studie behandelt werden kann, und mit welch erheblichen Unsicherheiten die Kostenangaben für das Gesamtsystem verbunden sind.

5.2.3.3.1 Direkte Kosten

(1454) Die Gesamtsystemkosten der verschiedenen Szenarien sind aus Abbildung 5-30 ersichtlich. Tabelle 5-12 stellt die kumulierten Differenzkosten bis zum Ende des Betrachtungszeitraums dar; ergänzend werden die mit einer Diskontrate von 4 % auf 1998 abdiskontierten kumulierten Werte ausgewiesen. Dabei fallen die abdiskontierten Werte umso geringer aus, je später Investitionen innerhalb des Modellzeitraumes getätigt werden.

(1455) Es fällt auf, dass die Unterschiede zwischen den Szenarien und die zwischen den Instituten größer sind als die zwischen den von IER gerechneten Hauptvarianten und der jeweiligen Variante 1 (V1), die mit einem von der CDU/CSU und FDP speziell entworfenen alternativen Datensatz für die Investitionskosten gerechnet wurde. Die Veränderungen dieser Ausgangsdaten gegenüber dem Basisdatensatz bestehen im Wesentlichen in Änderungen bei den Wirkungsgraden und bei den ökonomischen Kennziffern von Stromerzeugungs- sowie von KWK-Technologien. Während hier für die fossilen und nuklearen Kraftwerke von Entwicklungen mit stärkeren Kostenreduktionen sowie höheren Wirkungsgradverbesserungen ausgegangen wird, ist bei den erneuerbaren Energien bei den Nutzungstechnologien (inkl. REG-Stromimport) eine im Vergleich mit

Abbildung 5-30



dem Basisdatensatz langsamere bzw. nicht so starke Senkung der Investitionskosten vorgegeben. Zusätzlich sind auch die REG-Stromimportpotenziale zum Teil niedriger abgeschätzt. Die Tatsache, dass durch diese Änderungen im Vergleich zu den bisher in Kapitel 5.2.3 diskutierten Unterschieden in den Modellansätzen relativ geringe Differenzen auftreten, deutet darauf hin, dass die Modellierung auf diese unterschiedlichen Annahmen wenig sensitiv reagiert – das Szenario „Fossil-nuklearer Energiemix“ zeigt hier die größten Veränderungen, was mit den sehr niedrigen Annahmen für die Kernkraft im Datensatz der CDU/CSU und FDP zusammenhängt.

(1456) Das Szenario „Fossil-nuklearer Energiemix“ weist in der IER-Modellierung vor allem durch den Wechsel zum oben erläuterten „Basispfad“ rein rechnerisch sogar eine Kostenentlastung aus. Der größte Teil dieser Kostenreduktion hat jedoch nichts mit den energiewirtschaftlichen Bereichen und nichts mit dem Einsatz von Kernkraft zu tun, denn hier wurden, wie oben dargestellt, Differenzkosten von – 145,3 Mrd. € (nicht abdiskontiert) allein wegen dem Übergang auf ein – gegenüber der Referenzentwicklung durch weniger Restriktionen ausgezeichnetes – Basisszenario realisiert. Zudem sind Minderkosten von –469 Mrd. € (nicht abdiskontiert) gegenüber den anderen Zielszenarien schon allein aufgrund der Veränderungen des Modal Split im Verkehrssektor zurückzuführen. Dies sind über zwei Drittel der Kosten der „REG/REN-Offensive“ und mehr als der Nutzen (negative Kosten) der nuklearen Strategie. Die von IER unterstellte längere Lebensdauer von Kernkraftwerken von 40 statt 32 Volllastjahren ist dagegen nur mit kumulierten Differenzkosten von 100 Mrd. Euro zu bewerten. Diese Veränderung erklärt auch beinahe vollständig den Kostenunterschied zwischen WI und IER im Szenario „Fossil-nuklearer Energiemix“.

(1457) Ein weiterer Kostenunterschied erklärt sich aus der tendenziell höheren Umsetzung von Effizienzmaßnahmen beim WI. Hieraus ergibt sich insbesondere bei dem Szenario RRO eine deutlich geringere Notwendigkeit des Ausbaus von Kraftwerkskapazitäten. Berücksichtigt man noch die geringere Auslastung der regenerativen Energietechnologien sowie die teilweise sprunghaften Ausbaupfade (vgl. Kapitel 5.2.2) in den IER-Szenarien, so lassen sich auch die Unterschiede zwischen dem WI und dem IER bei den Szenarien RRO und UWE erklären.

(1458) Generell sollte also der Leser weder die Kostendifferenzen noch die errechneten Gesamtkosten überbewerten. Bereits die Basisdaten, also beispielsweise die zukünftigen Investitionskosten für Kraftwerke, beruhen weitgehend auf Schätzungen. Auch die Kostenentwicklungen für erneuerbare Technologien sowie für Effizienztechniken und ihre erschließbaren Potenziale oder zu welchen Preisen sich ein Kernkraftwerk einer zukünftigen Generation möglicherweise realisieren ließe, kann nicht mit Bestimmtheit vorausgesagt werden.

(1459) Insgesamt decken die Differenzkosten in den Szenarien mit Kernenergieausstieg im Vergleich zum Referenzszenario eine beträchtliche Bandbreite ab. Gegenüber dem jeweils relevanten Referenzszenario bewegen sie sich bei der „REG/REN-Offensive“ zwischen kumuliert 201 Mrd. € (WI-Szenario RRO) und 1 721 Mrd. € (IER-Szenario RRO Variante 2) bzw. kumuliert und auf 1998 abdiskontiert zwischen 40 Mrd. € (WI-Szenario RRO) und 461 Mrd. € (IER-Szenario RRO Variante 2). Bezogen auf die gesamten direkten Systemkosten im jeweiligen Referenzszenario fallen diese Differenzkosten damit um 1,0 bis 6,4 % höher aus.

(1460) Im fossil-nuklearen Szenario reicht die Bandbreite der kumulierten Differenzkosten von –537 Mrd. €

Tabelle 5-12

Kumulierte System- und Differenzkosten in 2050, auch abdiskontiert auf 1998

Systemkosten in Mrd. €	**kumuliert**	**kumuliert und abdiskontiert**
Referenzszenario (IER)	19 182,6	9 280,1
Referenzszenario Var. 1 (IER)	19 247,3	9 294,6
Differenzkosten in Mrd. €		
UWE (IER)	348,1	78,5
UWE (WI)	226,1	35,7
UWE Var. 1 (IER)	330,6	77,9
RRO (IER)	617,4	142,0
RRO (WI)	201,1	40,4
RRO Var. 1 (IER)	802,8	191,9
RRO Var. 2 (IER)	1 721,0	416,0
RRO Var. 3 (IER)	674,9	173,6
FNE (IER)	– 334,1	– 91,2
FNE (WI)	140,8	15,4
FNE Var. 1 (IER)	– 537,1	– 139,8

(IER-Szenario FNE Variante 1) bis + 141 Mrd. € (WI-Szenario FNE). Auf 1998 abdiskontiert ergibt sich eine Spanne von – 140 Mrd. € bis + 15 Mrd. €. Zur Erklärung dieser Divergenzen sei auf die vorstehenden Abschnitte, insbesondere auf die Ausführungen zu den unterstellten Kosten für die Kernenergie verwiesen.

(1461) Von Interesse ist die Frage, mit welchen Differenzkosten je Einwohner in den einzelnen Szenarien gerechnet werden kann. Details zu den direkten Systemkosten je Einwohner sind der Tabelle 5-13 zu entnehmen. Danach reichen die (nicht-abdiskontierten) Kosten je Einwohner im Bezugsjahr 2050 (also nicht kumuliert!) in den Szenarien, in denen die Kernenergie langfristig nicht mehr eingesetzt wird, von 170 €/cap. (WI-Szenario RRO) bis etwa 2 330 €/cap. (IER-Szenario RRO Variante 2); auf 1998 abdiskontiert bewegen sich die Werte im Jahr 2050 in diesen beiden Szenarien zwischen 22 €/cap. und 303 €/cap.

(1462) Ein Spiegelbild der absoluten Differenzkosten stellen auch die auf die Zahl der Einwohner bezogenen Differenzkosten in den fossil-nuklearen Szenarien dar: Hier reicht die Bandbreite im Jahr 2050 von 305 €/cap. bis +175 €/cap.; auf 1998 abdiskontiert bewegt sie sich zwischen – 40 €/cap. und + 23 €/cap.

5.2.3.3.2 Externe Kosten

(1463) Bei einer gesamtwirtschaftlichen Bewertung der Szenarien kommt der Frage der externen Kosten eine entscheidende Rolle zu. Abbildung 5-31 stellt die externen Kosten in der Summe dar, Tabelle 5-14 zeigt die auf die Zahl der Einwohner bezogenen externen Kosten in den

Tabelle 5-13

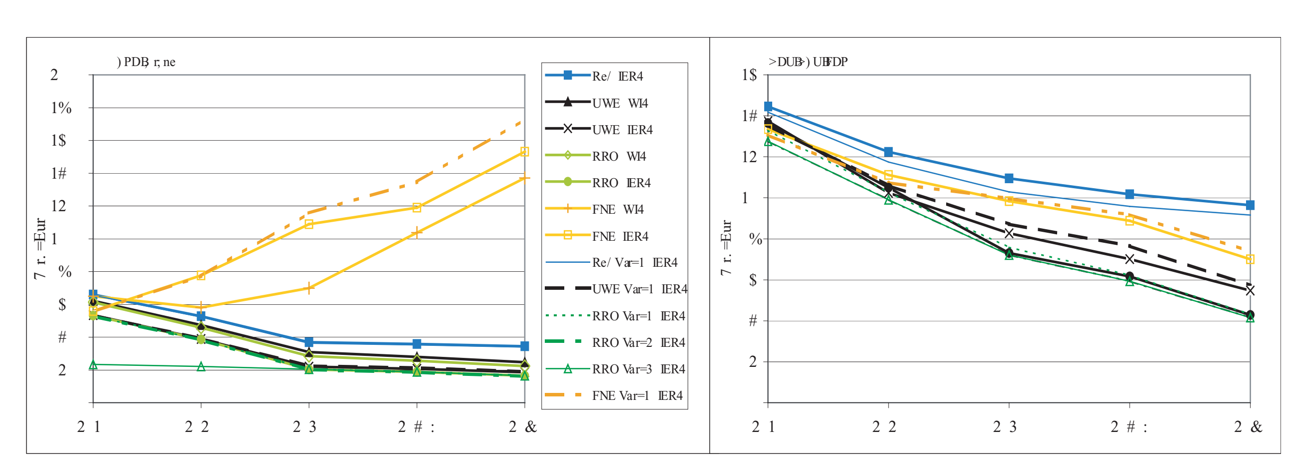
Differenz der direkten Systemkosten je Einwohner im jeweiligen Bezugsjahr gegenüber dem jeweils relevanten Referenzszenario

	2010	2020	2030	2040	2050
Systemkosten in €/cap.	**Nicht-abdiskontierte Kosten**				
Referenzszenario (IER)	3 592,3	4 047,9	4 442,7	4 858,2	5201,6
Referenzszenario Var. 1 (IER)	3 594,4	4 051,8	4 460,8	4 892,8	5256,5
Differenzkosten in €/cap.					
UWE (IER)	11,9	36,4	108,6	164,4	323,1
UWE (WI)	– 7,8	3,1	13,3	k. A.	298,2
UWE Var. 1 (IER)	19,1	32,4	102,1	133,5	318,2
RRO (IER)	35,5	44,8	171,4	257,0	605,3
RRO (WI)	– 2,1	19,3	51,7	k. A.	170,1
RRO Var. 1 (IER)	49,7	85,1	227,8	338,0	702,0
RRO Var. 2 (IER)	98,3	175,6	506,6	801,8	1 224,5
RRO Var. 3 (IER)	74,5	82,9	175,3	260,5	615,5
FNE (IER)	– 15,5	– 65,5	– 90,5	– 143,1	– 143,9
FNE (WI)	– 21,8	– 19,3	40,3	k. A.	174,9
FNE Var. 1 (IER)	– 29,1	– 77,8	– 148,2	– 238,5	– 304,6
Systemkosten in €/cap.	**Auf 1998 abdiskontierte Kosten**				
Referenzszenario (IER)	2 243,7	1 708,0	1 266,4	935,6	676,7
Referenzszenario Var. 1 (IER)	2 245,0	1 709,7	1 271,6	942,2	683,8
Differenzkosten in €/cap.					
UWE (IER)	7,4	15,4	31,0	31,7	42,0
UWE (WI)	– 4,9	1,3	3,8	k. A.	38,8
UWE Var. 1 (IER)	11,9	13,7	29,1	25,7	41,4
RRO (IER)	22,2	18,9	48,9	49,5	78,7
RRO (WI)	– 1,3	8,2	14,7	k. A.	22,1
RRO Var. 1 (IER)	31,0	35,9	64,9	65,1	91,3
RRO Var. 2 (IER)	61,4	74,1	144,4	154,4	159,3
RRO Var. 3 (IER)	46,5	35,0	50,0	50,2	80,1
FNE (IER)	– 9,7	– 27,7	– 25,8	– 27,5	– 18,7
FNE (WI)	– 13,6	– 8,1	11,5	k. A.	22,8
FNE Var. 1 (IER)	– 18,2	– 32,8	– 42,2	– 45,9	– 39,6

k. A. = keine Angaben

Abbildung 5-31

Externe Kosten in Mrd. Euro



einzelnen Szenarien. Die externen Kosten wurden nicht in die Optimierung in den Szenarien einbezogen, so dass sich in den Szenarien unter Umständen Pfade herausbilden, die im Fall der Internalisierung externer Kosten suboptimal wären. Dabei ist zu berücksichtigen, dass es hier für die Studiennehmer zwei unterschiedliche Vorgaben durch die Kommissionsmehrheit von SPD und Bündnis 90/DIE GRÜNEN einerseits und durch die Kommissionsminderheit von CDU/CSU und FDP andererseits gab.

(1464) Gravierende Unterschiede in der Einschätzung der externen Kosten zeigen sich dabei insbesondere mit Blick auf die Bewertung der Kernenergie, die von der Kommissionsminderheit um Größenordnungen niedriger als von der Kommissionsmehrheit eingeschätzt werden. Der Wert für die externen Kosten der Kernenergie, den die Kommissionsmehrheit ansetzt, beruht auf versicherungsmathematischen Überlegungen zur Absicherung des Risikos. Zumindest wirtschaftliche Schäden, die für gegenwärtige und zukünftige Generationen aus der Nutzung der Kernenergie entstehen können, sollten sich hier widerspiegeln.

(1465) Alle Abschätzungen beruhen auf statischen Betrachtungen in dem Sinne, dass die Schäden einer Emission in der Zukunft genauso viel kosten wie heute. Für alle Szenarien gilt, dass die hier angenommenen externen Kostensätze nicht alle Folgen der Szenarien monetarisieren. Schäden der Erbmasse von Tieren, Menschen oder Pflanzen, z. B. durch radioaktive Belastungen, sind nicht berechenbar, die Kosten einer ausgestorbenen Art nicht ermittelbar. Daher sollten die Berechnungen der externen Kosten nur mit sehr großer Vorsicht zur Bewertung von Szenarien verwandt werden. Die errechneten Zahlen stellen grobe Untergrenzen möglicher Kosten dar.

(1466) Die unterschiedlichen Einschätzungen zum Ansatz der externen Kosten schlagen sich naturgemäß auch in den Ergebnissen nieder. Nach den Vorgaben der Kommissionsmehrheit sind die externen Kosten je Einwohner in allen Szenarien und Varianten, die auf eine Treibhausgasemissionsminderung um 80 % bis 2050 bei gleichzeitigem Ausstieg aus der Kernenergie setzen, weitaus niedriger als im Referenzszenario; umgekehrt gilt, dass die fossil-nuklearen Szenarien erheblich höhere externe Kosten pro Kopf aufweisen. Dagegen sind die externen Kosten je Einwohner nach den Vorgaben der Kommissionsminderheit in sämtlichen Reduktionsszenarien höher als im Referenzszenario.

5.2.3.3.3 Einwohnerspezifische Gesamtkosten

(1467) Fasst man die einwohnerbezogenen direkten Systemkosten und die externen Kosten zusammen, so ergibt sich das in Tabelle 5-15 dargestellte Bild. Dabei zeigt sich, dass die gegenüber dem Referenzszenario nach den Vorgaben der Kommissionsmehrheit deutlich niedrigeren externen Kosten die höheren einwohnerbezogenen direkten Systemkosten deutlich übertreffen, so dass alle Szenarien, die die Emissionsminderungsziele mit dem Kernenergieausstieg verbinden, in der Summe vorteilhafter abschneiden als das Referenzszenario. Umgekehrt sind die Nachteile der fossil-nuklearen Szenarien evident.

(1468) Dagegen sind unter Berücksichtigung der Vorgaben der Kommissionsminderheit die Gesamtkosten je Einwohner in den Szenarien ohne Kernenergie spürbar höher, im fossil-nuklearen Szenario aber etwas niedriger als im Referenzszenario.

5.2.3.3.4 Kosten relativ zum Bruttoinlandsprodukt

(1469) Einen wichtigen Indikator zur wirtschaftlichen Bewertung der Szenarien stellen auch die Relationen der jeweiligen Kosten zum realen Bruttoinlandsprodukt dar. In Tabelle 5-16, sind die entsprechenden Relationen der direkten Systemkosten, in Tabelle 5-17 diejenigen der externen Kosten und schließlich in Tabelle 5-18 diejenigen der Gesamtkosten in den jeweiligen Bezugsjahren ausgewiesen. Daraus ergibt sich folgendes Bild:

(1470) Die Relation der direkten Systemkosten zum realen Bruttoinlandsprodukt (Tabelle 5-16, s. Seite 392) beläuft

Tabelle 5-14

Differenz der externen Kosten je Einwohner im jeweiligen Bezugsjahr gegenüber dem jeweils relevanten Referenzszenario

	2010	2020	2030	2040	2050
Externe Kosten nach den Vorgaben der Mehrheit der Enquete-Kommission					
Systemkosten in €/cap.	**Nicht-abdiskontierte Kosten**				
Referenzszenario (IER)	8 027,9	6 538,6	4 743,7	4 891,5	5 074,8
Referenzszenario Var. 1 (IER)	7 995,5	6 469,3	4 662,7	4 813,8	5 002,1
Differenzkosten in €/cap.					
UWE (IER)	– 1 517,6	– 1 730,0	– 1 916,6	– 2 068,1	– 2 338,4
UWE (WI)	– 1 679,6	– 1 706,6	– 1 726,3	k. A.	– 1 847,7
UWE Var. 1 (IER)	– 1 509,0	– 1 629,1	– 1 782,8	– 1 901,8	– 2 215,2
RRO (IER)	– 1 546,6	– 1 758,1	– 2 134,8	– 2 323,7	– 2 648,8
RRO (WI)	– 1 729,5	– 1 808,0	– 1 912,3	k. A.	– 2 200,6
RRO Var. 1 (IER)	– 1 556,1	– 1 720,3	– 2 020,6	– 2 237,2	– 2 574,7
RRO Var. 2 (IER)	– 1 584,8	– 1 801,6	– 2 173,9	– 2 423,4	– 2 700,0
RRO Var. 3 (IER)	– 5 172,9	– 3 802,4	– 2 117,8	– 2 327,7	– 2 647,3
FNE (IER)	– 1 228,4	3 074,2	9 232,8	11 350,1	17 514,9
FNE (WI)	– 1 349,3	– 445,0	3 366,5	k. A.	14 716,9
FNE Var. 1 (IER)	– 1 229,5	3 103,0	10 183,0	13 552,1	20 505,1
Systemkosten in €/cap.	**Auf 1998 abdiskontierte Kosten**				
Referenzszenario (IER)	5 014,2	2 759,0	1 352,2	942,0	660,2
Referenzszenario Var. 1 (IER)	4 994,0	2 729,8	1 329,1	927,0	650,8
Differenzkosten in €/cap.					
UWE (IER)	– 947,9	– 730,0	– 546,3	– 398,3	– 304,2
UWE (WI)	– 1 049,0	– 720,1	– 492,1	k. A.	– 240,4
UWE Var. 1 (IER)	– 942,5	– 687,4	– 508,2	– 366,2	– 288,2
RRO (IER)	– 966,0	– 741,9	– 608,6	– 447,5	– 344,6
RRO (WI)	– 1 080,2	– 762,9	– 545,1	k. A.	– 286,3
RRO Var. 1 (IER)	– 971,9	– 725,9	– 576,0	– 430,8	– 335,0
RRO Var. 2 (IER)	– 989,9	– 760,2	– 619,7	– 466,7	– 351,3
RRO Var. 3 (IER)	– 3 231,0	– 1 604,5	– 603,7	– 448,3	– 344,4
FNE (IER)	– 767,3	1 297,2	2 631,9	2 185,7	2 278,6
FNE (WI)	– 842,8	– 187,8	959,6	k. A.	1 914,6
FNE Var. 1 (IER)	– 768,0	1 309,3	2 902,7	2 609,8	2 667,6
Nachrichtlich: **Externe Kosten nach den Vorgaben der Minderheit der Enquete-Kommission**					
Systemkosten in €/cap.	**Nicht-abdiskontierte Kosten**				
Referenzszenario Var. 1 (IER)	172,7	145,4	132,1	130,7	135,1
Differenzkosten in €/cap.					
UWE Var. 1 (IER)	24,7	53,8	85,3	116,1	125,8
RRO Var. 1 (IER)	21,7	83,7	140,8	239,5	281,5
FNE Var. 1 (IER)	19,0	55,5	101,4	136,9	150,3
Systemkosten in €/cap.	**Auf 1998 abdiskontierte Kosten**				
Referenzszenario Var. 1 (IER)	107,9	61,3	37,7	25,2	17,6
Differenzkosten in €/cap.					
UWE Var. 1 (IER)	15,5	22,7	24,3	22,4	16,4
RRO Var. 1 (IER)	13,6	35,3	40,1	46,1	36,6
FNE Var. 1 (IER)	11,9	23,4	28,9	26,4	19,6

k. A. = keine Angabe

Tabelle 5-15

Differenz der Gesamtkosten (direkte Systemkosten einschließlich externe Kosten) je Einwohner im jeweiligen Bezugsjahr gegenüber dem jeweils relevanten Referenzszenario

	2010	2020	2030	2040	2050
Externe Kosten nach den Vorgaben der Mehrheit der Enquete-Kommission					
Systemkosten in €/cap.	**Nicht-abdiskontierte Kosten**				
Referenzszenario (IER)	11 620,2	10 586,6	9 186,4	9 749,7	10 276,4
Referenzszenario Var. 1 (IER)	11 589,9	10 521,1	9 123,5	9 706,6	10 258,6
Differenzkosten in €/cap.					
UWE (IER)	– 1 505,6	– 1 693,6	– 1 807,9	– 1 903,6	– 2 015,4
UWE (WI)	– 1 687,4	– 1 703,4	– 1 713,0	k. A.	– 1 549,5
UWE Var. 1 (IER)	– 1 490,0	– 1 596,7	– 1 680,7	– 1 768,3	– 1 897,0
RRO (IER)	– 1 511,1	– 1 713,3	– 1 963,4	– 2 066,7	– 2 043,6
RRO (WI)	– 1 731,5	– 1 788,7	– 1 860,6	k. A.	– 2 030,4
RRO Var. 1 (IER)	– 1 506,4	– 1 635,2	– 1 792,8	– 1 899,2	– 1 872,7
RRO Var. 2 (IER)	– 1 486,5	– 1 626,0	– 1 667,2	– 1 621,6	– 1 475,5
RRO Var. 3 (IER)	– 5 098,3	– 3 719,5	– 1 942,5	– 2 067,2	– 2 031,8
FNE (IER)	– 1 243,9	3 008,7	9 142,3	11 207,1	17 371,0
FNE (WI)	– 1 371,1	– 464,4	3 406,8	k. A.	14 891,7
FNE Var. 1 (IER)	– 1 258,6	3 025,2	10 034,8	13 313,6	20 200,5
Systemkosten in €/cap.	**Auf 1998 abdiskontierte Kosten**				
Referenzszenario (IER)	7 257,9	4 467,1	2 618,6	1 877,5	1 336,9
Referenzszenario Var. 1 (IER)	7 239,0	4 439,4	2 600,7	1 869,2	1 334,6
Differenzkosten in €/cap.					
UWE (IER)	– 940,4	– 714,6	– 515,4	– 366,6	– 262,2
UWE (WI)	– 1 053,9	– 718,8	– 488,3	k. A.	– 201,6
UWE Var. 1 (IER)	– 930,6	– 673,7	– 479,1	– 340,5	– 246,8
RRO (IER)	– 943,8	– 722,9	– 559,7	– 398,0	– 265,9
RRO (WI)	– 1 081,5	– 754,7	– 530,4	k. A.	– 264,2
RRO Var. 1 (IER)	– 940,9	– 690,0	– 511,1	– 365,7	– 243,6
RRO Var. 2 (IER)	– 928,5	– 686,1	– 475,3	– 312,3	– 192,0
RRO Var. 3 (IER)	– 3 184,4	– 1 569,5	– 553,7	– 398,1	– 264,3
FNE (IER)	– 776,9	1 269,5	2 606,1	2 158,2	2 259,9
FNE (WI)	– 856,4	– 195,9	971,1	k. A.	1 937,4
FNE Var. 1 (IER)	– 786,1	1 276,5	2 860,5	2 563,9	2 628,0
Nachrichtlich: Externe Kosten nach den Vorgaben der Minderheit der Enquete-Kommission					
Systemkosten in €/cap.	**Nicht-abdiskontierte Kosten**				
Referenzszenario Var. 1 (IER)	3 767,1	4 197,1	4592,9	5 023,5	5 391,6
Differenzkosten in €/cap.					
UWE Var. 1 (IER)	43,8	86,2	187,4	249,6	444,0
RRO Var. 1 (IER)	71,4	168,8	368,6	577,4	983,5
FNE Var. 1 (IER)	– 10,1	– 22,3	– 46,8	– 101,6	– 154,3
Systemkosten in €/cap.	**Auf 1998 abdiskontierte Kosten**				
Referenzszenario Var. 1 (IER)	2 352,9	1 771,0	1309,2	967,4	701,4
Differenzkosten in €/cap.					
UWE Var. 1 (IER)	27,4	36,4	53,4	48,1	57,8
RRO Var. 1 (IER)	44,6	71,2	105,1	111,2	127,9
FNE Var. 1 (IER)	– 6,3	– 9,4	– 13,4	– 19,6	– 20,1

k. A. = keine Angabe

Tabelle 5-16

Differenz der Relationen der direkten Systemkosten zum realen Bruttoinlandsprodukt im jeweiligen Bezugsjahr gegenüber dem jeweils relevanten Referenzszenario

	2010	2020	2030	2040	2050
Relation der direkten Systemkosten zum Bruttoinlandsprodukt in %					
Referenzszenario (IER)	12,5	11,7	10,9	10,0	9,1
Referenzszenario Var. 1 (IER)	12,5	11,7	10,9	10,1	9,2
Differenz der Relation der direkten Systemkosten in %-Punkten					
UWE (IER)	0,0	0,1	0,3	0,3	0,6
UWE (WI)	0,0	0,0	0,0	k. A.	0,5
UWE Var. 1 (IER)	0,1	0,1	0,2	0,3	0,6
RRO (IER)	0,1	0,1	0,4	0,5	1,1
RRO (WI)	0,0	0,1	0,1	k. A	0,3
RRO Var. 1 (IER)	0,2	0,2	0,6	0,7	1,2
RRO Var. 2 (IER)	0,3	0,5	1,2	1,7	2,1
RRO Var. 3 (IER)	0,3	0,2	0,4	0,5	1,1
FNE (IER)	– 0,1	– 0,2	– 0,2	– 0,3	– 0,3
FNE (WI)	– 0,1	– 0,1	0,1	k. A.	0,3
FNE Var. 1 (IER)	– 0,1	– 0,2	– 0,4	– 0,5	– 0,5

k. A. = keine Angabe

sich im Referenzszenario und seiner Variante im Jahr 2010 auf 12,5 % und geht bis 2050 auf 9,2 bzw. 9,1 % zurück. In den Reduktionsszenarien ohne Kernenergienutzung erhöht sich diese Relation um 0,3 (WI-Szenario RRO) bis zu 4,1 Prozentpunkten (IER-Szenario RRO Variante 2). In den fossil-nuklearen Szenarien bewegen sich die Relationsdifferenzen zwischen – 0,5 und + 0,3 Prozentpunkten.

(1471) Der Einfluss der externen Kosten macht sich auch bei den Relationen deutlich bemerkbar (Tabelle 5-17). Im Referenzszenario betragen die Relationen nach der Vorgabe der Kommissionsmehrheit im Jahr 2010 noch fast 28 %, gehen dann aber bis 2050 drastisch bis auf rund 9 % zurück. In den Reduktionsszenarien mit gleichzeitigem Kernenergieausstieg kommt es in allen Fällen zu einer erheblichen Minderung der Relationen im Vergleich zum Referenzszenario, in den fossil-nuklearen Szenarien dagegen zu einer drastischen Erhöhung. Unter den Annahmen der Kommissionsminderheit fallen die externen Kosten im Vergleich zum Bruttoinlandsprodukt in allen Fällen nicht sonderlich ins Gewicht.

(1472) Gemessen an den Gesamtkosten ergibt sich wegen der Dominanz des Einflusses der externen Kosten ein ähnliches Bild wie zuvor skizziert (Tabelle 5-18). Daher soll auf eine Wiederholung der Bewertung verzichtet werden.

5.2.3.4 Zusammenfassung und Bewertung

(1473) Angesichts der vielen Unsicherheiten, mit denen es insbesondere die Schätzung der langfristigen gesamtwirtschaftlichen Systemkosten unterschiedlicher Szenarien zu tun hat, ist eine Entscheidung für das eine oder andere Szenario unter reinen Kostenaspekten nur unter Vorbehalten möglich. Dabei ist auch zu bedenken, dass weitere volkswirtschaftliche Aspekte bei den vorstehenden Darstellungen vollständig ausgeblendet worden sind. Diese Aspekte beziehen sich beispielsweise auch auf die Arbeitsplatzeffekte der einzelnen Szenarien. Klar ist, dass solche Szenarien, die vornehmlich auf der einheimischen Wertschöpfung und auf einer geringeren Abhängigkeit von Energieträgerimporten beruhen, unter Beschäftigungsaspekten eher positiv zu bewerten sind als solche, die zu großen Teilen auf importierte Zulieferungen von Energieträgern und/oder Energietechnologien zurückgreifen müssen. Vor diesem Hintergrund weisen die Szenarien „Umwandlungseffizienz“ sowie „REG-REN-Offensive“ nach Auffassung der Kommission erhebliche Vorteile gegenüber dem fossil-nuklearen Szenario auf.

(1474) Ungeachtet aller Unsicherheiten hinsichtlich der Systemkosten der einzelnen Szenarien lässt sich doch feststellen, dass unter der Voraussetzung des jeweils relevanten Referenzszenarios die Bandbreite der Differenzkosten der Szenarien, die auch ohne Nutzung der Kernenergie eine Reduktion der Treibhausgasemissionen um 80 % bis zum Jahre 2050 beinhalten, allenfalls eine Größenordnung zwischen kumuliert 201 Mrd. € (WI-Szenario RRO) und 803 Mrd. € (IER-Szenario RRO Variante 1) bzw. kumuliert und auf 1998 abdiskontiert zwischen 40 Mrd. € (WI-Szenario RRO) und 192 Mrd. € (IER-Szenario RRO Variante 1) erreichen. Im Endjahr 2050 würden sich die Mehrkosten in diesen beiden Szenarien gegenüber dem Referenzszenario auf knapp 12 Mrd. € bis etwa 48 Mrd. € belaufen; abdiskontiert auf 1998 wären es 1,5 bis 6,2 Mrd. € im Jahre 2050.

Tabelle 5-17

Differenz der Relationen der externen Kosten zum realen Bruttoinlandsprodukt im jeweiligen Bezugsjahr gegenüber dem jeweils relevanten Referenzszenario

	2010	2020	2030	2040	2050
Externe Kosten nach den Vorgaben der Mehrheit der Enquete-Kommission					
Relation der Gesamtkosten zum Bruttoinlandsprodukt in %					
Referenzszenario (IER)	27,8	18,9	11,6	10,1	8,9
Referenzszenario Var. 1 (IER)	27,7	18,7	11,4	9,9	8,8
Differenz der Relationen der Gesamtkosten in %-Punkten					
UWE (IER)	– 5,3	– 5,0	– 4,7	– 4,3	– 4,1
UWE (WI)	– 5,8	– 4,9	– 4,2	k. A.	– 3,2
UWE Var. 1 (IER)	– 5,2	– 4,7	– 4,4	– 3,9	– 3,9
RRO (IER)	– 5,4	– 5,1	– 5,2	– 4,8	– 4,6
RRO (WI)	– 6,0	– 5,2	– 4,7	kA	– 3,9
RRO Var. 1 (IER)	– 5,4	– 5,0	– 4,9	– 4,6	– 4,5
RRO Var. 2 (IER)	– 5,5	– 5,2	– 5,3	– 5,0	– 4,7
RRO Var. 3 (IER)	– 17,9	– 11,0	– 5,2	– 4,8	– 4,6
FNE (IER)	– 4,3	8,9	22,5	23,4	30,7
FNE (WI)	– 4,7	– 1,3	8,2	k. A.	25,8
FNE Var. 1 (IER)	– 4,3	9,0	24,9	28,0	35,9
Nachrichtlich: Externe Kosten nach den Vorgaben der Minderheit der Enquete-Kommission					
Relationen der externen Kosten zum Bruttoinlandsprodukt in %					
Referenzszenario Var. 1 (IER)	0,6	0,4	0,3	0,3	0,2
Differenz der Relationen der externen Kosten in %-Punkten					
UWE Var. 1 (IER)	0,1	0,1	0,2	0,3	0,6
RRO Var. 1 (IER)	0,2	0,2	0,6	0,7	1,2
FNE Var. 1 (IER)	– 0,1	– 0,2	– 0,4	– 0,5	– 0,5

k. A. = keine Angabe

(1475) Gemessen an den Kosten je Einwohner im Endjahr 2050 bewegen sich die Ergebnisse der Szenarien ohne weitere Kernenergienutzung in einer Bandbreite zwischen 170 und gut 700 € je Einwohner und Jahr; abdiskontiert auf 1998 ergeben sich Werte zwischen 22 und 91 € je Einwohner.

(1476) Vor dem Hintergrund der mit diesen Mehrkosten verbundenen Nutzen – der angestrebten Reduktion der Treibhausgasemissionen um 80 % bis 2050 bei gleichzeitiger Nicht-Nutzung der Kernenergie – erscheinen selbst die oberen Pro-Kopf-Werte gesellschaftlich vermittelbar und akzeptabel.

(1477) Gesamtwirtschaftlich dürften sich die Auswirkungen ebenfalls in engen Grenzen halten, wenn man bedenkt, dass die Mehrkosten in den hier betrachteten Szenarien – gemessen am realen Bruttoinlandsprodukt im Jahre 2050 – lediglich um 0,3 bis maximal 1,2 Prozentpunkte höher sind als im Referenzszenario.

(1478) Auch unter Berücksichtigung der Tatsache, dass die Realisierung derjenigen Szenarien, die die angestrebte Treibhausgasemissionsminderung mit einem Ausstieg aus der Kernenergie verbinden, durchaus erhebliche Anpassungsprozesse bei Bevölkerung und Wirtschaft notwendig machen sowie durchgreifende wirtschaftsstrukturelle Wandlungen zur Folge haben werden, gelangt die Kommission zu der Schlussfolgerung, dass der Nutzen dieser Szenarien, die gleichzeitig ja auch zukunftsträchtigen Wirtschaftszweigen nachhaltige Chancen eröffnen, die mit ihnen verknüpften wirtschaftlichen Nachteile bei weitem überwiegt.

(1479) Diese Schlussfolgerung gilt erst recht, wenn zugleich die externen Kosten mit ins Kalkül gezogen werden. Unter diesen Voraussetzungen sind sämtliche Szenarien im Vergleich zum Referenzszenario positiv zu werten – mit Ausnahme des fossil-nuklearen Szenarios, bei dem nach Auffassung der Mehrheit der Kommission die Gesamtkostenbewertung unter Einschluss der externen Kosten gegenüber dem Referenzszenario sogar noch weitaus ungünstiger ausfällt. Ein derartiges Szenario erfüllt danach auch in keiner Weise die Anforderungen, die an eine langfristig nachhaltige Energieversorgung zu stellen sind.

Tabelle 5-18

Differenz der Relationen der Gesamtkosten (direkte Systemkosten einschließlich externer Kosten) zum realen Bruttoinlandsprodukt im jeweiligen Bezugsjahr gegenüber dem jeweils relevanten Referenzszenario

	2010	2020	2030	2040	2050
Externe Kosten nach den Vorgaben der Mehrheit der Enquete-Kommission					
Relation der Gesamtkosten zum Bruttoinlandsprodukt in %					
Referenzszenario (IER)	40,3	30,6	22,4	20,1	18,0
Referenzszenario Var. 1 (IER)	40,2	30,4	22,3	20,0	18,0
Differenz der Relationen der Gesamtkosten in %-Punkten					
UWE (IER)	– 5,2	– 4,9	– 4,4	– 3,9	– 3,5
UWE (WI)	– 5,9	– 4,9	– 4,2	k. A.	– 2,7
UWE Var. 1 (IER)	– 5,2	– 4,6	– 4,1	– 3,7	– 3,3
RRO (IER)	– 5,2	– 4,9	– 4,8	– 4,3	– 3,6
RRO (WI)	– 6,0	– 5,2	– 4,5	k. A.	– 3,6
RRO Var. 1 (IER)	– 5,2	– 4,7	– 4,4	– 3,9	– 3,3
RRO Var. 2 (IER)	– 5,2	– 4,7	– 4,1	– 3,3	– 2,6
RRO Var. 3 (IER)	– 17,7	– 10,7	– 4,7	– 4,3	– 3,6
FNE (IER)	– 4,3	8,7	22,3	23,1	30,4
FNE (WI)	– 4,8	– 1,3	8,3	k. A.	26,1
FNE Var. 1 (IER)	– 4,4	8,7	24,5	27,5	35,4
Nachrichtlich: Externe Kosten nach den Vorgaben der Minderheit der Enquete-Kommission					
Relation der Gesamtkosten zum Bruttoinlandsprodukt in %					
Referenzszenario Var. 1 (IER)	13,1	12,1	11,2	10,4	9,4
Differenz der Relationen der Gesamtkosten in %-Punkten					
UWE Var. 1 (IER)	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
RRO Var. 1 (IER)	0,1	0,2	0,3	0,5	0,5
FNE Var. 1 (IER)	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3

k. A. = keine Angabe

5.3 Vergleichende Bewertung der Szenarien unter dem Gesichtspunkt der Nachhaltigkeitsindikatoren

(1480) Von den direkten Resultaten der Modellrechnungen – Energieverbrauch und Energiemix entsprechend den Vorgaben – können Aussagen über wichtige, im Ersten Bericht identifizierte ökologische Nachhaltigkeitsparameter wie Emissionen von Klimagasen und Schadstoffen oder anfallende radioaktive Abfälle abgeleitet werden. In diesem Abschnitt werden die Szenarien zunächst quantitativ, bezogen auf die verschiedenen Emissionen, verglichen und bewertet. Im Anschluss daran wird anhand von qualitativen Einschätzungen bewertet, inwieweit die einzelnen Zielszenarien in der Lage sind, auch Beiträge in den anderen ökologischen, sozialen und ökonomischen Dimensionen der Nachhaltigkeit zu leisten, deren Entwicklung im Rahmen der Energiesystemmodelle der Institute nicht berechnet werden konnte.

5.3.1 Emissionen und Abfälle

5.3.1.1 CO_2- und andere Treibhausgasemissionen

(1481) Zentrale Anforderung an die Szenarien ist, die Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2050 um 80 % gegenüber dem Niveau von 1990 zu senken. Diese Vorgabe war ein elementarer Bestandteil des im Einsetzungsbeschluss so spezifizierten Auftrags der Kommission.[15] Um dieses Ziel mit Zwischenzielen zu operationalisieren, hat die Kommission vorgegeben, dass in allen Szenarien bis zum Jahr 2010 die THG-Emissionen um 21 % reduziert werden sollen, wie es dem völkerrechtlich verbindlichen Beitrag Deutschlands im Rahmen der Kioto-Verpflichtung für die erste Verpflichtungsperiode 2008-2012 ent-

15 Deutscher Bundestag (2000), Bundestagsdrucksache 14/2687.

spricht.[16] Von diesem Zeitpunkt an sollen die THG-Emissionen annähernd linear weiter sinken, und zwar pro Jahrzehnt um etwa 15 % des Niveaus von 1990. Diese Vorgabe von Stichwerten in den Stützjahren der Simulation war für die Modellierung notwendig, auch wenn die eigentlich relevante Größe für das Ausmaß des Treibhauseffektes die Konzentration der Klimagase in der Atmosphäre, mithin die kumulierten Emissionen sind.

(1482) Wie die zusammenfassende Abbildung 5-32 für alle Treibhausgase zeigt, sind die ehrgeizigen Reduktionsziele der deutschen Klimapolitik mit allen gewählten Hauptstrategien und in allen Varianten gleichermaßen einzuhalten. Da sowohl die demographische als auch die wirtschaftliche Entwicklung bei allen Zielszenarien als identisch unterstellt wurden und die CO_2-Reduktionsziele Zielgrößen für die Szenarienmodellierung bilden, verlaufen die Zielszenarien sehr ähnlich. In den Simulationen des Wuppertal-Instituts wird an einigen Stellen nicht genau der angestrebte Zielwert erreicht, da der Modellierungsprozess iterativ strukturiert ist. Das gewählte Modellierungsverfahren des Wuppertal-Instituts ermöglicht, Entscheidungen, die sich mit Blick auf spätere Zeitpunkte aus infrastrukturellen oder gesamtsystemaren Gründen als wichtig bzw. zielführend erweisen, frühzeitig in den Simulationsverlauf einzubeziehen. Daher werden bei WI manche infrastrukturellen Weichenstellungen früher getroffen und bestimmte Technologiepfade früher eingeschlagen, was sich auch bei den Treibhausgasemissionen auswirken kann, so dass in den Szenarien „Umwandlungseffizienz“ und „Fossil-nuklearer Energiemix“ die Emissionslimits insbesondere im Jahr 2030 unterschritten werden. Die IER-Resultate reflektieren dagegen weitgehend eine auf die Emissionsvorgaben der jeweiligen Stützjahre bezogene Punktoptimierung.

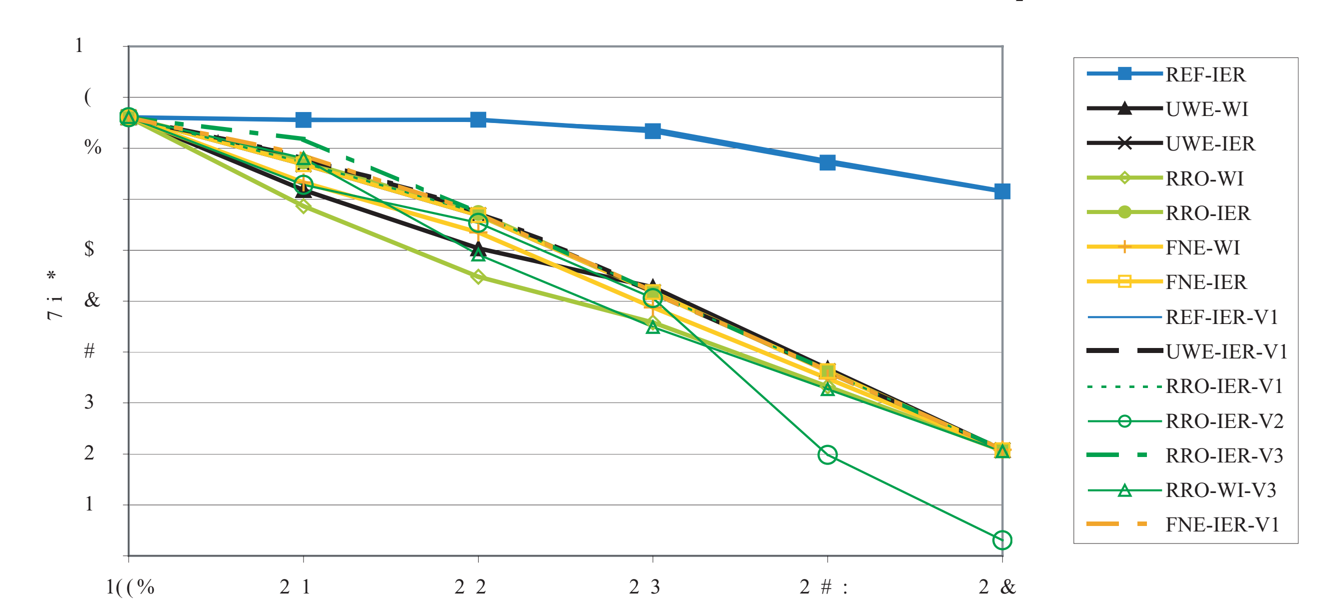
(1483) Am Ende, im Jahr 2050, wird das Ziel der 80-prozentigen Emissionsreduktion bei beiden Verfahren stabil erreicht. Dies gilt ohne Einschränkung für die beiden Szenarien „REG/REN-Offensive“ und „Fossil-nuklearer Energiemix“, die dies durch eine strukturelle Umgestaltung der Energieversorgungs- und -verbrauchssektoren erreichen. Im Szenario „Umwandlungseffizienz“ verschafft die Möglichkeit, CO_2 zu deponieren genügend Spielräume, um die Limits sicher einzuhalten – freilich nur unter der Voraussetzung, dass genügend Speicherraum zur Verfügung steht.

(1484) Im Jahr 2010 werden sogar in allen Zielszenarien weniger Treibhausgase emittiert als durch die Vorgaben definiert. Verglichen mit dem Ausgangsjahr der Berechnungen 1998 verbleibt für das für 2010 angepeilte Reduktionsziel nur noch eine zusätzliche Reduktionsverpflichtung um 4 Prozentpunkte bezogen auf 1990.

(1485) Ein Vergleich der Szenarien zeigt im weiteren zeitlichen Verlauf auch einige deutliche Unterschiede. Die klimafreundlichste Variante ist die vollständige Versorgung auf der Basis regenerativer Quellen („REG/REN-Offensive Variante 2“). Hier wird das Klimaschutzziel im Jahr 2050 weit unterboten. Der Energiesektor verursacht

Abbildung 5-32

Treibhausgasemissionen in allen Szenarien und Varianten in Millionen Tonnen CO_2-Äquivalent pro Jahr



[16] Mit der Ratifizierung des Kyoto-Protokolls durch die EU und Deutschland sind die Verpflichtungen des sogenannten Burden Sharings der EU unter dem Dach des Kyoto-Protokolls notifiziert worden und damit verbindlich.

in dieser Variante überhaupt keine Treibhausgasemissionen mehr, nur noch in der nichtenergetischen Nutzung fossiler Brennstoffe und evtl. bei der Produktion von Biomasse entstehen klimaschädliche Gase. Aber auch diese ließen sich durch treibhausgasfreie Verfahren einsparen.

(1486) Besonders klimafreundlich ist es außerdem, emissionssparende Investitionen möglichst frühzeitig zu tätigen, da dadurch die eigentliche Zielgröße des Klimaschutzes, der kumulierte Ausstoß von klimaschädlichen Gasen, minimiert wird.

(1487) Abbildung 5-33 stellt die CO_2-Emissionen aus den verschiedenen Szenarien- und Variantenrechnungen zusammen. Da der größte Teil der Treibhausgasemissionen, insbesondere im Energiesektor, in der Form von CO_2 ausgestoßen wird, und die Emissionsreduktionsziele für die Szenarien limitierende Randbedingungen darstellen, verlaufen die Zielszenarien hier sehr ähnlich den Treibhausgasen insgesamt.

(1488) Die Varianten mit dem alternativen Kostendatensatz erreichen tendenziell höhere CO_2-Emissionen als die Hauptszenarien. In den Szenarien „REG/REN-Offensive" und „Fossil-nuklearer Energiemix" werden die Klimaziele durch Substitution der Kohle- und später auch der Gaskapazitäten durch CO_2-freie Technologien erreicht. Im Szenario „Umwandlungseffizienz" verschafft erst die Deponierung von Kohlendioxid ausreichende Spielräume, um auch hier die Limits einzuhalten. Dafür muss gewährleistet sein, dass genügend Speicherraum vorhanden ist. Die Mengen, in denen dies notwendig ist, sind aus Tabelle 5-19 ersichtlich. Im Modell des IER wird mit der CO_2-Abspaltung und Einlagerung begonnen, sobald diese kostengünstiger ist als andere technische Substitutions- oder Effizienzmaßnahmen, was bereits im Jahr 2020 der Fall ist. In der Simulation des WI erfolgt dieser Schritt erst später; mit der Folge, dass in 2030 das Klimaziel um knapp 2 % verfehlt wird. Der frühzeitige Einstieg in die CO_2-Entsorgungsinfrastruktur, um das Minderungsziel im Jahr 2030 sicher zu erreichen, hätte hier vorübergehend Maßnahmen notwendig gemacht, die bei späterem Einstieg nicht mehr zwingend benötigt werden. Ein Vorziehen der Maßnahmen zur CO_2-Entsorgung, um das Reduktionsziel im Jahr 2030 genau zu erreichen, hätte Mehrkosten von kumuliert 26,8 Mrd. € ergeben. CO_2-Speicherung kommt hier folglich aus Kostengründen erst zum Einsatz, wenn parallel eine Pipeline-Infrastruktur zur Entsorgung und genügend Nachfrage nach dem Koprodukt Wasserstoff, z. B. im Verkehrssektor, geschaffen wurde. Insgesamt würden die zu deponierenden CO_2-Mengen die nach heutiger Einschätzung in Deutschland verfügbaren Speichervolumina um den Faktor 2 bis 3 überschreiten. Werden die Speichervolumina anderer europäischer Staaten mit in Anspruch genommen, so werden über die Lebenszeit der jeweiligen Kraftwerke ca. 10 % der europäischen Lagerkapazitäten in Anspruch genommen (vgl. Kapitel 4.3.5). Die Problematik der regionalen Verteilung der Kraftwerke (z. B. der fossilen KWK-Anlagen), der regionalen Verteilung der Lagerstätten und den damit entstehenden Implikationen für die Kosten der CO_2-Entsorgung durch große Transportentfernungen (vgl. Kapitel 4.3.5) konnte von den Modellen nicht adäquat abgebildet werden.

(1489) Abbildung 5-34 stellt die spezifische CO_2-Entstehung im Energiesystem pro Kopf und pro Einheit Bruttosozialprodukt inklusive der deponierten Mengen dar. Im Referenzszenario bleiben die Ausstöße pro Kopf und Jahr

Abbildung 5-33

Engergiebedingtes Aufkommen an Kohlendioxid in allen Szenarien und Varianten in Millionen Tonnen pro Jahr

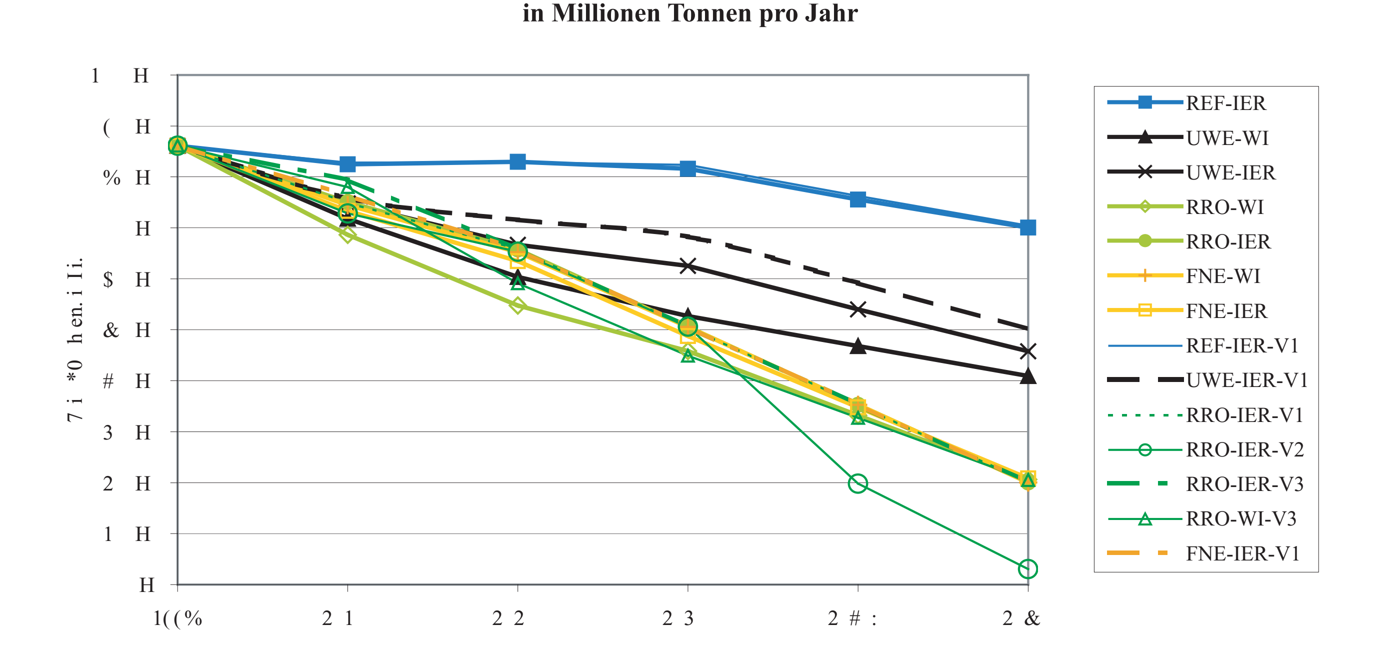


Tabelle 5-19

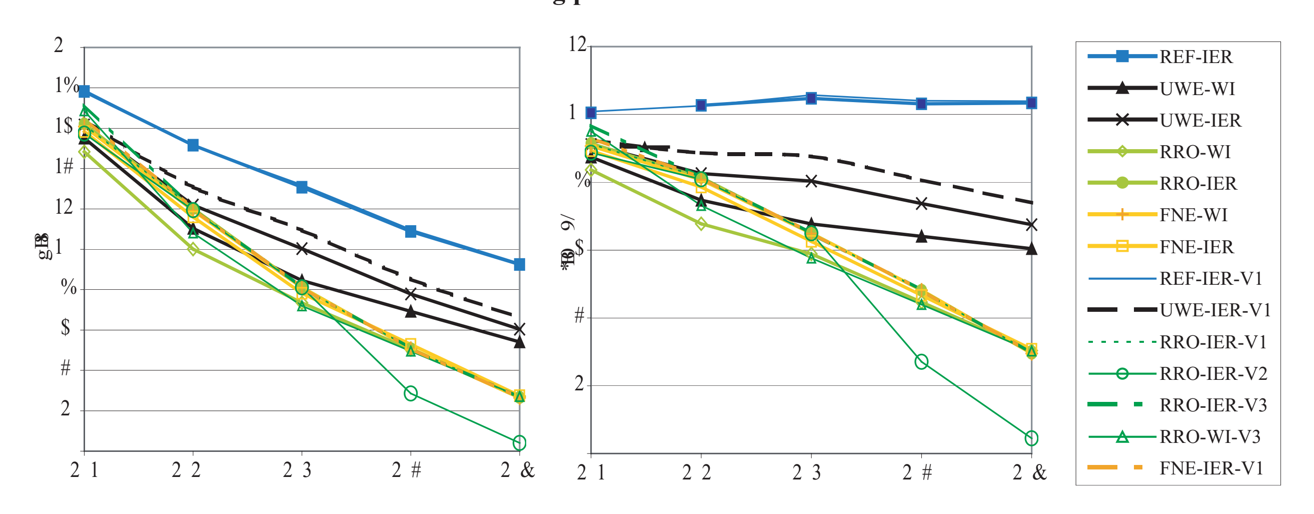
CO_2-Speicherung in den Szenarien „Umwandlungseffizienz“ und „Fossil-nuklearer Energiemix“ in Millionen t CO_2 pro Jahr

	2010	2020	2030	2040	2050	kumuliert*
REF-IER	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
REF-IER-V1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
UWE-IER	0,0	9,4	121,4	189,4	259,9	4.502
UWE-WI	0,0	0,0	0,0	k. A.	202,0	2.020
UWE-IER-V1	0,0	58,6	179,0	241,5	304,7	6.315
FNE-IER	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
FNE-WI	0,0	0,0	0,0	k. A.	0,0	
FNE-IER-V1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
angenommenes Gesamtpotenzial in Europa					**rd. 100.000 Mio. t CO_2**	
d. h. bei einer statischen Reichweite der europäischen Endlager von 40 Jahren					**2.500 t pro Jahr**	
Gesamtpotenzial in Europa pro Kopf					**2,14 kt/Kopf**	
angenommene Kosten der Entsorgung					**30,68 €/t CO_2**	

k. A. = keine Angabe – * bei linearer Interpolation

Abbildung 5-34

Spezifische, energiebedingte CO_2-Entstehung in den Szenarien in t pro Kopf und Jahr und g/pro Tausend DM BIP



bis ins Jahr 2050 mehr oder weniger konstant bei etwas über 10 t. In allen Zielszenarien wird diese Regel durchbrochen. Hier sinken die Emissionen pro Person in den nächsten 50 Jahren auf etwa ein Drittel des Ausgangswertes. Pro Einheit Bruttoinlandsprodukt gehen die Emissionen ebenfalls stärker zurück als in der Referenz: Während sie sich dort auf etwas weniger als die Hälfte reduzieren, sinken sie in den Zielszenarien um beinahe 90 %.

(1490) Vergleicht man die energiebedingten CO_2-Mengen bezogen auf den Primärenergieeinsatz (Abbildung 5-35), werden auch die Unterschiede zwischen den Modellansätzen deutlicher: In der Simulation des WI wird die CO_2-Intensität der Brennstoffe weniger stark gesenkt, vielmehr wird offensichtlich eher auf Energieeffizienz gesetzt. Trotzdem sinkt die CO_2-Intensität des gesamten Primärenergieverbrauchs auch schon im Szenario

Abbildung 5-35

Spezifische CO_2-Entstehung in den Szenarien pro Einheit Primärenergieeinsatz (Wirkungsgradprinzip) in t/GJ

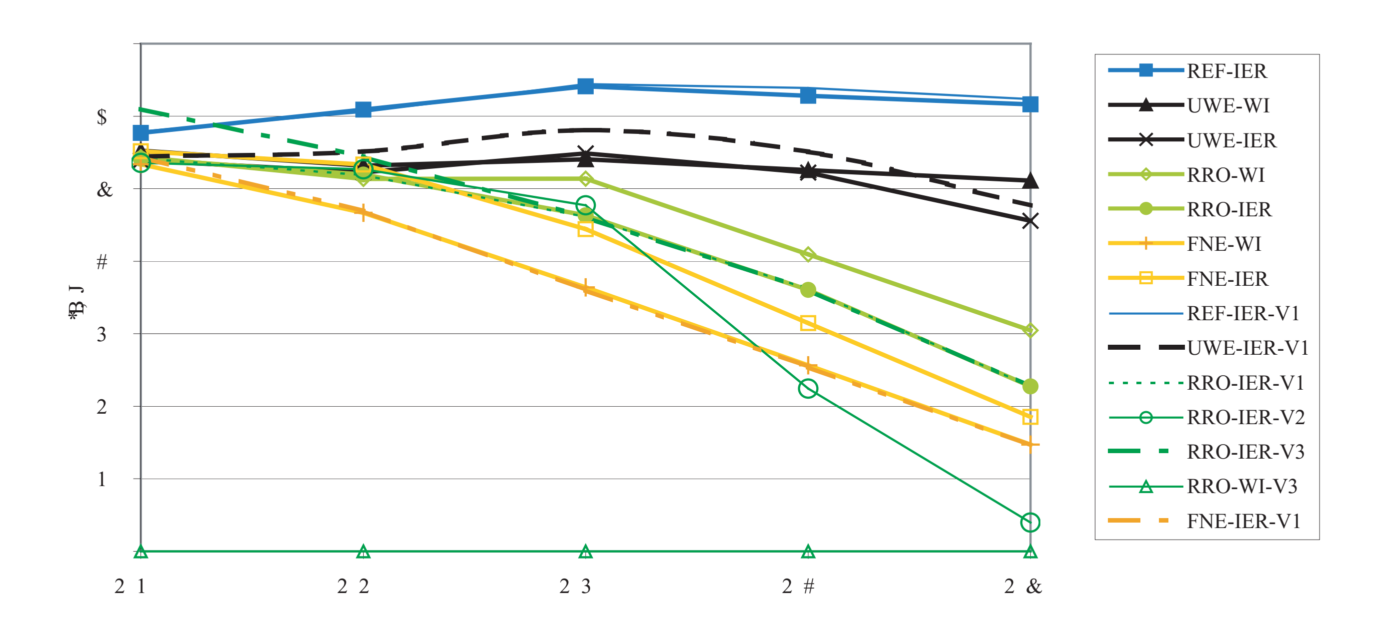


Abbildung 5-36

Sektorale CO_2-Produktion in den IER-Szenarien – Sektoren Energiewirtschaft (ohne Endlagerung), Industrie, Haushalte und GHD, Verkehr, 1998 = 100

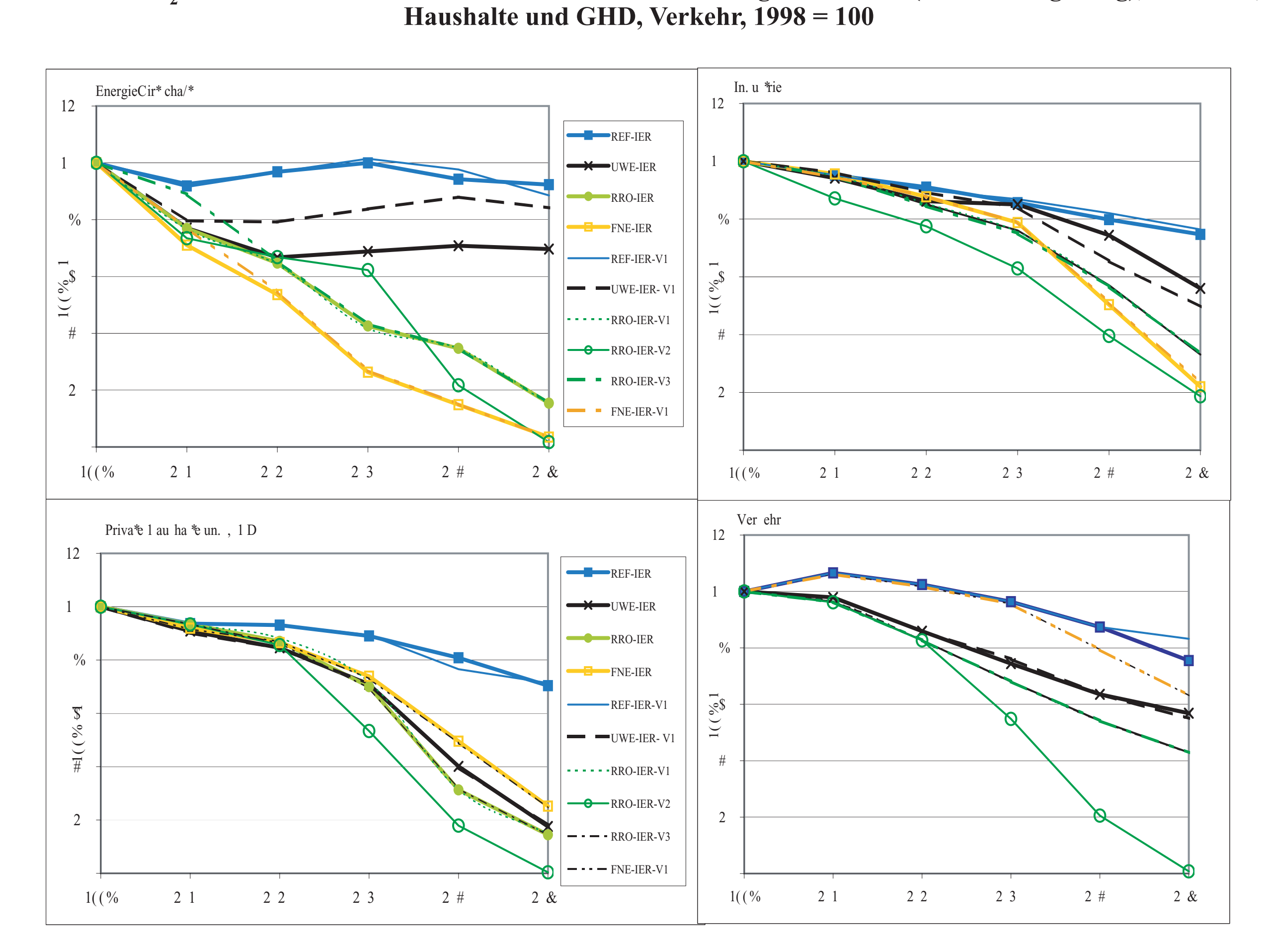
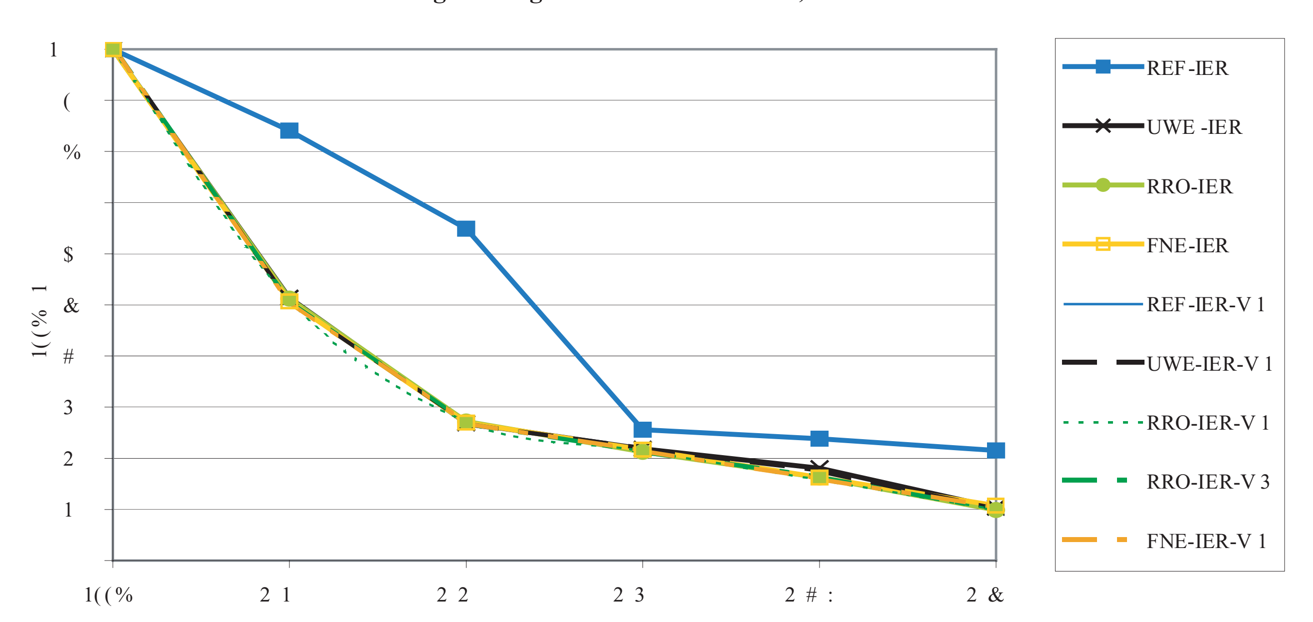


Abbildung 5-37

Energiebedingte Methan-Emissionen, 1998 = 100



„Umwandlungseffizienz“ um rund 20 %, und noch viel stärker im Szenario „Fossil-nuklearer Energiemix“. Die radikalste Dekarbonisierungsstrategie weist die Variante „REG/REN-Offensive – Solare Vollversorgung“ auf.

(1491) Abbildung 5-36 stellt die sektoralen CO_2-Emissionen zusammen. Hier wird deutlich, dass nicht nur der Energiesektor, sondern auch alle anderen Sektoren aus verschiedenen Gründen wesentlich weniger CO_2 emittieren. Im Industriesektor und im Verkehr spiegeln sich hier die Konsequenzen aus der – insbesondere bei der IER-Optimierungsrechnung – als Strategieelement gewählten Substitution des direkten Einsatzes fossiler Brennstoffe durch Strom oder auch durch Wasserstoff wider. Soweit dieser Strom dann auf der Basis fossiler Brennstoffe erzeugt wurde, werden damit die CO_2-Emissionen aus den Anwendungssektoren in den Umwandlungssektor verlagert. Das führt zu einer weiteren Verstärkung der Unterschiede zwischen den Szenarien im Umwandlungssektor. Teilweise resultieren die Einsparungen jedoch in allen Sektoren direkt aus effizienzsteigernden Investitionen. Ein nicht zu vernachlässigender Teil stammt zumindest in den Szenarien „Fossil-nuklearer Energiemix“ und „REG/REN-Offensive“ auch aus der Substitution fossiler Brennstoffe durch nachwachsende Brennstoffe oder solare und umgebungswärmebasierte Systeme.

(1492) Die Modelle weisen auch Ergebnisse für Methan und einige andere Treibhausgase aus. Abbildung 5-37 zeigt den Verlauf der Methan-Emissionen in allen Szenarien. Es zeichnen sich weitestgehend dieselben Trends wie bei der Reduktion des CO_2 ab – hier in einer Reduktion auf etwa ein Zehntel der heutigen Emissionen. Energiebedingte Methan-Emissionen entstehen hauptsächlich durch Leckagen an Gaspipelines, Bergwerken, Deponien und bei Gärprozessen. Prinzipiell wird in den Szenarien angenommen, dass in der ersten Dekade die Leckagen an Pipelines abgedichtet und die Grubengasnutzung verstärkt wird, so dass zunächst ein starker Abfall der Emissionen zu verzeichnen ist, der sich später abschwächt. Zudem entsteht weniger Methan im Kohlebergbau da-durch, dass weniger Kohle in Deutschland abgebaut wird.

(1493) Die Emissionen von NO_x, N_2O, Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffen (NMVOC), CO- und Partikelemissionen nehmen in allen Szenarien stark ab. Die Kohlenmonoxid- und NMVOC-Emissionen, die vor allem von der Entwicklung im Verkehr bestimmt sind, fallen in allen Szenarien sprunghaft in der ersten Periode, und sinken dann bis 2050 langsam weiter bis zu einem Niveau zwischen 16 und 24 % gegenüber 29 % in der Referenz bei NMVOC, und auf 21 bis 27 % gegenüber 34 % in der Referenz für Kohlenmonoxid. N_2O und NO_x werden neben dem Verkehr auch von Kraftwerken emittiert und streuen im Ergebnis gemäß dem Einsatz der entsprechenden Technologien etwas weiter, bei NO_x zwischen 29 und 41 % gegenüber 64 % in der Referenz, und bei N_2O zwischen 34 und 68 % gegenüber 80 % des Ausgangsniveaus in der Referenzentwicklung. Tendenziell sind diese Entwicklungen positiv zu bewerten.

5.3.1.2 Gesundheits- und umweltbelastende Emissionen

(1494) Die Emissionen an SO_2, NH_3 und Partikeln wurden für die IER-Szenarien errechnet. Auch hier sind bis 2050 starke Abfälle gegenüber dem Status quo und gegenüber der Referenz zu verzeichnen. Bei NH_3 finden diese praktisch vollständig in der ersten Dekade statt. SO_2 nimmt vor allem durch den Ersatz älterer Kohlekraftwerke

ab. Soweit es aus dem Verkehr stammt, ist der Abfall aufgrund höherer Fahrzeugeffizienz in den Zielszenarien höher als im Referenzszenario.

(1495) Mit dem Zuwachs an Dieselfahrzeugen nimmt der Ausstoß an Partikeln in der ersten Dekade zu. Erst dann macht sich das Ersetzen der älteren Kohlekraftwerke deutlich senkend bemerkbar. Soweit es sich um Rußpartikel aus Dieselfahrzeugen handelt, sollten Anstrengungen unternommen werden, die Emissionen möglichst auf Null zu reduzieren.

5.3.1.3 Radioaktive Abfälle

(1496) Tabelle 5-20 weist den Anfall an radioaktiven Abfällen in den Szenarien aus. Im Referenzszenario sowie in den Szenarien „Umwandlungseffizienz“ und „REG/REN-Offensive“ läuft die Nutzung der Atomkraft kurz nach 2020 aus. Im Szenario „Fossil-nuklearer Energiemix“ wird die Atomkraft bewusst ausgebaut. Damit entstehen zusätzliche Mengen an radioaktiven Abfällen, die aus der Sicht der Mehrheit der Kommission nicht vertretbar sind.

5.3.2 Andere Nachhaltigkeitsindikatoren

(1497) Im Folgenden werden die in Kapitel 2 bzw. im Ersten Bericht der Kommission identifizierten Indikatoren für Nachhaltigkeit für einen bewertenden Vergleich der Szenarien herangezogen. Dabei wird in den meisten Fällen nur eine qualitative Betrachtung möglich sein, weil die meisten Indikatoren in den Szenarien nicht explizit berechnet werden konnten. Gemäß den drei Säulen des Nachhaltigkeitskonzeptes werden ökologische, soziale und ökonomische Indikatoren in eigenen Unterabschnitten diskutiert.

5.3.2.1 Ökologische Nachhaltigkeitsindikatoren

(1498) Die **Emissionen** als wichtige ökologische Nachhaltigkeitsindikatoren wurden bereits ausführlich in Kapitel 5.3.1 diskutiert. Hier bleibt nur noch einmal die Feststellung, dass die Klimaschutzziele in allen Szenarien erreicht werden können. Unter Versauerungsaspekten sind die Szenarien ebenfalls nur wenig unterschiedlich.

(1499) Für die Aspekte des **Gewässerschutzes** sind sowohl Wasserkraftwerke aufgrund der mechanischen Beeinträchtigung der Fließeigenschaften als auch Kondensationskraftwerke aufgrund der thermischen Einflüsse durch Kühlwassereinspeisung zu beachten. Die Belastung der Gewässer durch Laufwasserkraftwerke ist am stärksten in der Variante mit solarer Vollversorgung. Dabei ist zu beachten, dass die Kommission die Potenziale erneuerbarer Energien mit Rücksicht auf die ökologischen Restriktionen vorsichtig definiert hat. Die Pumpspeicherkapazitäten werden hingegen in allen Szenarien gleichermaßen ausgenutzt und gegenüber dem heutigen Niveau nicht weiter ausgebaut. Der geringste Zubau an thermischen Kraftwerken findet in der „REG/REN-Offensive“ statt; der höchste Bedarf an Wasser zu Kühlzwecken wird daher in den beiden Szenarien FNE und UWE bestehen.

Tabelle 5-20

Radioaktive Abfälle in m³ pro Jahr

Radioaktive Abfälle mit hoher Wärmeentwicklung in m³ pro Jahr						
	1998	**2010**	**2020**	**2030**	**2040**	**2050**
Referenz, UWE, RRO (IER)	182,2	174,4	94,1	0,0	0,0	0,0
UWE, RRO (WI)	182,2	165,0	89,0	0,0	0,0	0,0
FNE (IER)	182,2	188,5	317,9	505,1	644,8	784,5
FNE (WI)	182,2	179,3	146,3	230,8	442,0	653,1
FNE Var. 1 (IER)	182,2	188,5	317,9	544,0	721,4	898,8

Radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung in m³ pro Jahr						
	1998	**2010**	**2020**	**2030**	**2040**	**2050**
Referenz, UWE, RRO (IER)	1 669,3	1 598,2	862,1	0,0	0,0	0,0
UWE, RRO (WI)	1 669,3	1 523,4	821,4	0,0	0,0	0,0
FNE (IER)	1 669,3	1 727,3	2 913,4	4 628,1	5 908,4	7 188,6
FNE (WI)	1 669,3	1 654,6	1 350,2	2 130,6	4 079,7	6 028,8
FNE Var. 1 (IER)	1 669,3	1 727,3	2 913,4	4 985,1	6 610,8	8 236,4

(1500) Höherer **Flächenverbrauch** wird oft dann erwartet, wenn Windkraft- und Photovoltaik-Anlagen verstärkt zugebaut werden. Diese Sichtweise blendet jedoch die Möglichkeit der Doppelnutzung von Flächen bei Windkraft- oder Photovoltaik aus, z. B. durch die landwirtschaftliche Bewirtschaftung von Windparkflächen oder die Montage von Solaranlagen auf Dächern in dicht besiedelten Gebieten. Derartige Flächendoppelnutzung kann deshalb nicht in vollem Umfang dem Energieverbrauch zugerechnet werden. Unterschätzt wird demgegenüber vielfach der Flächenverbrauch durch Braunkohletagebau. Entscheidend dürfte jedoch bei Vergleich der drei Zielszenarien sein, inwieweit weitere Flächen für den Straßenbau in Anspruch genommen werden müssen. Die Szenarienergebnisse erlauben in diesem Punkt keine quantitativen Abschätzungen, so dass hier nur qualitative Plausibilitätsüberlegungen möglich sind. Ohne genauere quantitative Betrachtungen anzustellen geht die Kommission deshalb davon aus, dass das Ziel, den Flächenverbrauch möglichst gering zu halten, im Szenario „REG/REN-Offensive" am besten erreicht werden könnte. Es baut vor allem Techniken zu, die andere Nutzungen einschränken, jedoch nicht unterbinden. Dies ist mit einer kleinskaligen, verteilten Erzeugungsstruktur leichter zu erreichen. Das zweite Standbein der „REG/REN-Offensive", die Energieeffizienz, führt eher zur Freisetzung von Flächen als zum weiteren Flächenverbrauch. Das Szenario „Umwandlungseffizienz" dürfte aufgrund des zusätzlichen Abbaus heimischer Braunkohle in der Größenordnung von 400 – 1 000 PJ pro Jahr schlechter abschneiden, ebenso das Szenario „Fossil-nuklearer Energiemix" aufgrund des erhöhten Aufkommens an Straßenverkehr, das wahrscheinlich auch erhöhten Flächenverbrauch durch Zubau von Straßen fordert. Alle Zielszenarien sind jedoch in diesem Punkt „nachhaltiger" als das Referenzszenario, das sowohl in Tagebau als auch im Verkehr stark zulegt.

(1501) Den im Ersten Bericht formulierten und in Kapitel 2 wiederaufgenommenen Nachhaltigkeitsindikatoren für **Risiko** genügt das Szenario „Fossil-nuklearer Energiemix" nicht. Hier werden die Kernkraftwerkskapazitäten auf 107 GW gegenüber heute 22,3 GW ausgebaut. Bei einer angenommenen Größe für einen neu zu bauenden Reaktor von 1 530 MW sind das mindestens 55 neue Kernkraftwerke. Wird heute schon das Risiko eines Großunfalls als nicht verantwortbar eingeschätzt, so wird dies auch in der absehbaren Zukunft gelten. Es bleibt nach heutigem Wissensstand ungewiss, ob zukünftig eine inhärent sichere Technologie zum Einsatz kommen könnte. Prototypen existieren noch nicht.

(1502) Zu den übrigen Risiken: Großwasserkraftwerke werden in keinem Szenario zugebaut. Die Risiken der Wasserstoffinfrastruktur sind aller Voraussicht nach in etwa mit denen der Gasinfrastruktur zu vergleichen, insbesondere in Bezug auf typische Schadensausmaße, wohingegen die Eintrittswahrscheinlichkeiten insbesondere in einer Einführungsphase leicht erhöht sein könnten. Wasserstoff wird jedoch in allen Szenarien eingesetzt, so dass sich hieraus keine differenzierenden Aussagen ableiten lassen.

(1503) Die Verfünffachung der Kraftwerksleistung im Bereich der Kernenergie, wie sie im Szenario FNE vorgesehen ist, erhöht auch den Anfall an **hochradioaktivem Abfall** entsprechend (vgl. Abschnitt 5.2.1.3). Dessen Entsorgung ist ungeklärt. Abhängig von Zwischen- und Endlagerungslösungen und dadurch erforderlichen Transportvorgängen wird sie auch zu erhöhten Risiken führen. Die Umwelt- und Gesundheitsbelastungen bei der Uranproduktion und -verarbeitung fallen in den Szenarien vollständig im Ausland an, was nicht dem Verursacherprinzip entspricht und deshalb als nicht nachhaltig zu bezeichnen ist.

(1504) Über die im Ersten Bericht der Kommission geforderten Indikatoren zu ökosystemaren Veränderungen, Artenvielfalt und Bodenerosion können im Rahmen der Szenarienanalyse keine detaillierten Aussagen gemacht werden.

5.3.2.2 Soziale Nachhaltigkeitsindikatoren

(1505) Der Kommission ist es wichtig, **Zugang zu Energie** allen Verbrauchern gleichermaßen zu ermöglichen. Die Szenarien unterscheiden sich in dieser Dimension nicht.

(1506) Ein für die Kommission wichtiger sozialer Indikator ist auch, inwieweit mit heutigen Entscheidungen **Festlegungen für zukünftige Generationen** getroffen werden, die deren Verantwortung für Erblasten erhöhen und dadurch Handlungsspielräume einengen. In der Energiewirtschaft stellen solche Lasten – neben den Klimagasemissionen – vor allem die Mengen an radioaktivem Abfall aus der Kernenergienutzung dar, der über für Menschen nicht überblickbare geologische Zeiträume sicher gelagert werden muss, um Gefahren für Leib und Leben zukünftiger Generationen nicht anthropogen zu vergrößern. Dieser Aspekt ist bis heute ungelöst, und stabile Lösungsmöglichkeiten stehen nur eingeschränkt zur Verfügung. Die zusätzlichen Mengen an radioaktivem Abfall, die im Szenario „Fossil-nuklearer Energiemix" entstehen würden, schließen daher für die Mehrheit der Kommission die Möglichkeit aus, dieses Szenario als nachhaltig zu klassifizieren. Die langfristige Endlagerung von CO_2, wie sie im Szenario „Umwandlungseffizienz" genutzt wird, stellt ebenfalls eine den zukünftigen Generationen auferlegte Erblast dar. Sie ist sicherlich von anderer Dimension als die radioaktiven Abfälle, doch der damit zu bewältigende Aufwand für die zukünftigen Generationen ist noch weitgehend unbekannt. Das Szenario „REG/REN-Offensive" weist demgegenüber keine Einschränkungen für die Handlungsmöglichkeiten zukünftiger Generationen auf.

(1507) Ein zweiter Aspekt, der in Bezug auf Festlegungen für künftige Generationen diskutiert werden muss, ist die Flexibilität der wirtschaftlichen und technischen Strukturen der Energiewirtschaft. Tendenzen zur Demokratisierung der Besitz- und Partizipationsstrukturen sollten gefördert werden. Dies gelingt am besten, wenn die technische Struktur des Energiesektors den Idealen von Vielfalt, Kleinräumigkeit und Diversität entspricht. Das Szenario „Fossil-nuklearer Energiemix" mit seiner Tendenz zu Großkraftwerksstrukturen kann dieser Zielvorstellung nicht nahe kommen. Ein großmaßstäblicher Einsatz von Nukleartechnologien ist aus Sicherheitsgründen mit einer Demokratisierung des Sektors unvereinbar. Der

Kapitalbedarf für Großkraftwerke begünstigt große Kapitalgesellschaften. Auch das Szenario „Umwandlungseffizienz“ setzt in hohem Maße weiter auf zentrale Erzeugung, obwohl durch die Förderung von dezentralen Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen hier flexiblere Einheiten einen höheren Stellenwert im Erzeugungsmix erhalten und auch die Energieeffizienz deutlich gesteigert wird. Daher entspricht dem Konzept der Flexibilität in vollem Umfang nur die Philosophie der verteilten Erzeugung und Einsparung des Szenarios „REG/REN-Offensive“.

(1508) Ein letzter Aspekt der Flexibilität kann nicht sinnvoll auf die unterschiedlichen Szenarien bezogen diskutiert werden: Die Handlungsspielräume zukünftiger Generationen werden auch wesentlich von der Weiterentwicklung von Technologien in allen Umwandlungs- und Nutzungsbereichen von Energie geprägt. Alle Szenarien bis 2050 beruhen in ihren Annahmen darauf, dass diese Weiterentwicklung stattfinden wird. Das Szenario „Fossil-nuklearer Energiemix“ geht sogar so weit, dass es ab 2020 steigende Anteile des Energiebedarfs mit einer noch völlig unerprobten Technologie deckt. Ein in allen Szenarien wiederkehrendes System, für das noch viel Entwicklungsarbeit geleistet werden muss, ist die Wasserstoffinfrastruktur und ihre Anwendungen, z. B. die Brennstoffzellentechnologie. Alle Szenarien fordern hier übereinstimmend erhöhten Einsatz in Forschung und Entwicklung.

(1509) Es stellt sich die Frage, ob die von allen drei Szenarien geforderten Strukturveränderungen in sozialverträglicher Weise vollzogen werden können. Die Studie „Szenarienerstellung“ weist zu diesem Punkt einzig darauf hin, dass schnelle Umstellungen ganzer Energiesysteme zu hohen Transaktionskosten und damit zu verstärkter Arbeitslosigkeit führen können. Arbeitsplätze werden in den Bereichen entstehen, in denen durch das Einschlagen eines Entwicklungspfades gesteigerte Nachfrage erzeugt wird. Robust werden also in allen Szenarien die Arbeitsplatzzahlen in den Bereichen erneuerbaren Energien und Energieeffizienz/Energiemanagement/Energiedienstleistung ansteigen. Umgekehrt der Bergbau: Die inländische Steinkohleproduktion wird in allen Szenarien auf Null abgesenkt, allenfalls in der Förderung von Braunkohle werden unter bestimmten angenommenen Entwicklungen noch Beschäftigungsmöglichkeiten bestehen. Im Szenario „Umwandlungseffizienz“ zugebaute Steinkohlekraftwerke werden ausschließlich mit Importkohle befeuert. Das abgetrennte CO_2 muss deponiert werden, was wohl zum großen Teil in ausgeförderten Gaslagerstätten oder salinen Aquiferen in den Ozeanen geschehen wird. Aus diesen Gründen spricht alles dafür, dass diese Kraftwerke in Norddeutschland bzw. an der Küste errichtet werden. Das bedeutet, dass bei einer Umgestaltung der deutschen Energiewirtschaft nach dem Vorbild des Szenarios „Umwandlungseffizienz“ eine massive regionale Umverteilung von Arbeitsplätzen und wirtschaftlichen Entwicklungschancen vonstatten gehen wird. Die positivsten strukturwirtschaftlichen Effekte hat das Szenario „REG/REN-Offensive“, das aufgrund seiner flexiblen und dezentralen Struktur eine Vielzahl von Arbeitsplätzen in allen Regionen Deutschlands mit sich bringen könnte – nicht nur in der Energiewirtschaft, sondern vor allem auch in den Bereichen Anlagenbau und öffentlicher Verkehr. Dies wurde jedoch im Rahmen der Szenarienrechnungen für diese Kommission nicht explizit untersucht. Vergleichbare volkswirtschaftliche Nettobilanzierungen der Arbeitsplatzentwicklung, wie sie beispielsweise im Jahr 2000 von der Prognos AG vorgelegt wurden, bestärken jedoch die Kommission in der Auffassung, dass die angenommenen positiven Effekte des Szenarios „REG/REN-Offensive“ realistisch sind: Danach werden in einem Szenario, das für 2020 den Kernenergieausstieg und eine 40-prozentige CO_2-Reduktion gegenüber 1990 vorsieht, bei Beibehaltung der Energieerzeugung in Deutschland netto Arbeitsplätze in der Größenordnung von 200 000 geschaffen.[17]

5.3.2.3 Ökonomische Nachhaltigkeitsindikatoren

(1510) Exportchancen für die deutsche Wirtschaft entstehen immer dort, wo durch das aktive Einschlagen einer Entwicklungsrichtung und entsprechende Anreizstrukturen Technologieführerschaft provoziert wird. Ähnlich wie für Forschung und Entwicklung gilt auch hier, dass dies sehr wohl in allen Szenarien der Fall sein könnte. Die Technologieführerschaft im nuklearen Sektor erschließt jedoch nicht die in Kapitel 6.2 angesprochenen zukunftsverträglichen Exportpotenziale in den Entwicklungsländern für die deutsche Wirtschaft. Atomreaktoren könnten allenfalls – in kleinen Stückzahlen – in andere Industrieländer exportiert werden. Größere Exportpotenziale können durch die Weiterentwicklung hocheffizienter und sauberer Kohletechnologien erschlossen werden. Die größte Rolle werden jedoch in Zukunft, wenn verstärkt an der energietechnischen Erschließung ländlicher Räume in Entwicklungsländern gearbeitet wird (vgl. Kapitel 6.2), kleine netzunabhängige Einheiten zur Energiebereitstellung spielen. Im Gegensatz zu den anderen Szenarien, sind im Szenario „REG/REN-Offensive“ eine Vielzahl von derartig nutzbaren Technologien notwendig. Diese Technologien werden Innovationsimpulse in allen Branchen der Industrie und bei den verschieden Akteuren (Handwerk, Mittelstand aber auch Großindustrie) auslösen. Daher ist auch aus der Sicht der Exportpotenziale und des Innovationspotenzials das Szenario „REG/REN-Offensive“ als das nachhaltigste einzustufen.

(1511) Die „REG/REN-Offensive“ enthält als einziger der drei Entwicklungspfade das strategische Moment der Erhöhung der Diversität. Erneuerbare Energien und Steigerung der Energieeffizienz sind Strategien, die in wesentlichen Teilen dezentral und verbrauchernah realisiert werden müssen. Sie sind damit unabdingbare Beiträge zur Reduzierung der Importabhängigkeit und zur Verbesserung der Versorgungssicherheit. Auf diese beiden Voraussetzungen ist eine nachhaltige Entwicklung des Wirtschaftsstandortes Deutschland entscheidend angewiesen. Demgegenüber verringern die Szenarien „Umwandlungseffizienz“ und „Fossil-nuklearer Energiemix“ mit ihrer Fi-

[17] Prognos (2000b).

xierung auf Importenergien und zentrale Stromerzeugung mit Importbrennstoffen die Importabhängigkeit deutlich weniger. Der inländische Anteil am Primärenergieaufkommen beträgt beim Szenario RRO 56,7 % (IER) bzw. 65,7 % (WI) gegenüber einer Importabhängigkeit von 82,3 % bzw. 88,2 % beim „Fossil-nuklearen Energiemix“ und 60,5 % bzw. 66,2 % bei „Umwandlungseffizienz“.

5.3.4 Zusammenfassung

(1512) Alle drei Hauptszenarien und alle gerechneten Varianten können zeigen, dass die ehrgeizigen Klimaschutzziele erreichbar sind – zumindest falls die technische Realisierbarkeit des EPR und der CO_2-Endlagerung mit verantwortbarer Sicherheit vorausgesetzt werden kann. Die Unsicherheit über die Realisierbarkeit der CO_2-Endlagerung und die großen Mengen radioaktiven Mülls im „Fossil-nuklearen Energiemix“ führen dazu, dass allein die „REG/REN-Offensive“ als ökologisch nachhaltig bezeichnet werden kann.

(1513) Auch in den anderen Dimensionen der Nachhaltigkeit, unter Gesichtspunkten der Vorsorge für spätere Generationen, der tiefgreifenden Eingriffe in soziale und regionalökonomische Systeme, der Importabhängigkeit und der Arbeitsplätze wird die „REG/REN-Offensive“ von der Kommission als der nachhaltigste Pfad betrachtet.

5.4 Schlussfolgerungen

(1514) In den Szenarienbetrachtungen der Kommission wurden verschiedene, in sich konsistente, langfristige Entwicklungspfade bis 2050 untersucht. Die Analysen sollten aufzeigen, unter welchen technischen, sozialen, wirtschaftlichen und politische Rahmenbedingungen bestimmte Nachhaltigkeitsziele erreicht werden können. Der Vergleich der verwendeten Szenarien zeigt auf, in welchen Bandbreiten sich zukünftige Entwicklungen abspielen können. Diese Ergebnisse werden hier in einem größeren Gesamtzusammenhang gewürdigt, indem zusätzlich die Ergebnisse einiger Anhörungen und Studien der Kommission zu verschiedenen Themenbereichen und der Stand der Wissenschaft einbezogen werden.

5.4.1 Handlungsspielräume bei der Erreichung der Klimaschutzziele

(1515) Auch unter sämtlichen genannten Einschränkungen, sowohl bezüglich der Unsicherheit aller Aussagen über Technologien und Kosten und der gewählten, relativ konservativen Rahmenannahmen, als auch bezüglich der gewählten Zuordnungsmodalitäten, kommt die Kommission zu dem Ergebnis, dass eine Reduktion der Treibhausgasemissionen bis 2050 um 80 % (gegenüber dem Niveau von 1990) aus heutiger Sicht technisch realisierbar ist. Sämtliche untersuchte Technologiepfade in den Zielszenarien erlauben eine Erreichung der ehrgeizigen Treibhausgasreduktionsziele, die Deutschland in ersten Schritten bereits in Angriff genommen hat. Der Entwicklungspfad in eine regenerative und effiziente Zukunft ist keine Sackgasse: Eine weitgehende oder vollständige Versorgung Deutschlands aus erneuerbaren Energiequellen ist aus heutiger Sicht in einem hocheffizienten Energiesystem möglich.

(1516) Der untersuchte, lineare Reduktionspfad ist hier eine von verschiedenen Möglichkeiten. Er wurde nicht aus Optimierungskriterien abgeleitet, sondern exogen gesetzt. Es ist daher durchaus möglich, diesen Pfad weiter zu optimieren, wodurch die Kosten zur Erreichung des Klimaschutzziels weiter gesenkt werden können. Allerdings gehen die Modellrechnungen davon aus, dass wesentliche technologische Weichenstellungen und Effizienzanreize frühzeitig erfolgen. Nur wenn die in den Modellen angenommenen Entwicklungen der Technologien – und dies gilt für alle drei Pfade – auch umsetzbar sind, werden die Szenarien auch realisierbar. Dabei unterscheiden sich die Szenarien in Bezug auf ihre Abhängigkeit von Technologien: Die Realisierbarkeit der Szenarien „Umwandlungseffizienz“ (UWE) und „Fossil-nuklearer Energiemix“ (FNE) ist jeweils maßgeblich von einer einzigen Schlüsseltechnologie abhängig (CO_2-Abtrennung und -Speicherung bzw. Kernkraft), das Szenario „REG/REN-Offensive“ (RRO) baut dagegen auf einer relativ großen Vielfalt von für die Emissionsminderung relevanten Technologien auf. Sollten sich die Erwartungen z. B. an die Photovoltaik nicht erfüllen, so ließe sich dies durch eine andere erneuerbare Technologie abdecken. Dieser Aspekt kann sich gleichzeitig als ein wichtiger Beitrag zur Versorgungssicherheit erweisen.

(1517) Es gibt nur wenige Erkenntnisse aus der Studie, die darauf hindeuten, dass Mischstrategien oder Pfade, die sich zwischen den Extremen befinden, unrealisierbar wären und nicht auch zu Klimaschutzerfolgen führen. Ein Beispiel für Gegensätze, die sich ausschließen, ist allerdings, dass die extensive Ausweitung der Stromproduktion – wie im Szenario FNE skizziert – im offensichtlichen Widerspruch zu der Einführung effizienter Energietechnologien (und damit zur konsequenten Erschließung der verfügbaren Effizienzpotenziale) und zum Teil auch zur Nutzung erneuerbarer Energien steht. Strategien zur Steigerung der Umwandlungseffizienz sind mit Elementen einer erneuerbaren Energieversorgung in Einklang und bedingen sich bis zu einem gewissen Umfang sogar gegenseitig.

5.4.2 Gemeinsamkeiten der Szenarien – Robuste Pfade

(1518) Jenseits aller Unsicherheiten und unterschiedlichen Annahmen lassen sich drei robuste Trends ausmachen, die allen Szenarien gemeinsam sind: Regenerative Energien, rationelle Energieverwendung und ein neuer Sekundärenergieträger werden in Zukunft eine wichtige Rolle spielen.

(1519) Strukturelle Veränderungen, wie der Übergang von einer Energieversorgungswirtschaft zu einer Energiedienstleistungswirtschaft oder große Steigerungen der Ressourceneffizienz (z. B. Faktor 10), konnten in den Szenarien nicht berücksichtigt werden. Auch eine signifikante Änderung von Verhalten und Lebensstilen konnte weder quantifiziert noch hinsichtlich ihrer strukturellen und qualitativen Effekte in den Szenarien abgebildet werden. Eine Anpassung der Nachfrage nach Energiedienstleistungen gegenüber dem Referenzszenario war in den

Tabelle 5-21

Ergebnisse der Szenarien im Überblick

			REF-IER	UWE-WI	UWE-IER	RRO-WI	RRO-IER	RRO-IER Var. 2*	RRO-IER Var. 3	RRO-WI Var. 3	FNE-WI	FNE-IER	REF-IER Var. 1	UWE-IER Var. 1	RRO-IER Var. 1	FNE-IER Var. 1
Endenergie	Summe	PJ	8.208	5.918	6.656	5.156	5.910	5.531	5.909	5.183	6.140	7.229	8.224	6.764	5.904	7.232
		GJ/cap	121	100	87	82	87	76	87	91	76	107	121	87	98	107
	Verkehr	PJ	2.299	1.247	1.975	1.122	1.669	1.894	1.667	1.122	1.409	2.115	2.299	1.949	1.667	2.115
	Haushalte		2.221	1.632	1.732	1.352	1.654	1.474	1.653	1.368	1.651	1.814	2.218	1.756	1.655	1.799
	GHD		1.389	1.075	1.169	950	1.057	1.065	1.057	952	1.093	1.275	1.376	1.237	1.058	1.275
	Industrie		2.299	1.964	1.779	1.732	1.530	1.099	1.532	1.742	1.987	2.026	2.331	1.823	1.524	2.043
Endenergie nach Energieträgern	Erneuerbare	PJ	334	796	1.220	1.142	1.437	2.136	1.424	1.204	690	1.065	360	1.315	1.424	984
		Anteil EEV	4%	13%	18%	22%	24%	39%	24%	23%	11%	15%	4%	19%	24%	14%
	Sonstige	PJ	152	718	34	252	78	675	81	44	906	7	152	47	84	7
		Anteil EEV	2%	12%	1%	5%	1%	12%	1%	1%	15%	0%	2%	1%	1%	0%
	EE gesamt	PJ	486	1.514	1.254	1.394	1.515	2.811	1.504	1.247	1.596	1.072	512	1.362	1.507	991
		Anteil EEV	6%	26%	19%	27%	26%	51%	25%	24%	26%	15%	6%	20%	26%	14%
	Fossil	PJ	5.539	2.277	2.644	1.864	1.989	300	1.988	1.864	2.465	2.634	5.517	2.495	2.024	2.663
		Anteil EEV	67%	38%	40%	36%	34%	5%	34%	36%	40%	36%	67%	37%	34%	37%
	Strom	PJ	1.816	1.542	1.935	1.368	1.563	1.495	1.564	1.368	1.793	2.628	1.818	2.066	1.553	2.782
		Anteil EEV	22%	26%	29%	27%	26%	27%	26%	26%	29%	36%	22%	31%	26%	38%
	Wärme	PJ	368	427	823	286	843	925	853	286	240	761	375	841	820	681
		Anteil EEV	4%	7%	12%	6%	14%	17%	14%	6%	4%	11%	5%	12%	14%	9%
Primärenergie	Summe	PJ	11.937	9.348	11.400	8.552	10.397	9.547	10.396	8.599	12.266	13.048	11.864	11.421	10.395	12.940
		Anteil EEV	176	138	168	126	153	141	153	127	181	192	175	168	153	191
	Erneuerbare	PJ	1.765	3.130	4.896	4.266	5.998	8.420	5.993	4.318	2.381	3.041	1.626	4.316	5.990	2.086
		Anteil EEV	15%	33%	43%	50%	58%	88%	58%	50%	19%	23%	14%	38%	58%	16%
	Fossil	PJ	10.172	6.218	6.504	4.285	4.398	1.127	4.404	4.281	4.321	4.009	10.238	7.105	4.405	4.010
		Anteil EEV	85%	67%	57%	50%	42%	12%	42%	50%	35%	31%	86%	62%	42%	31%
	Nuklear	PJ	0	0	0	0	0	0	0	0	5.563	5.997	0	0	0	6.844
		Anteil EEV	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	45%	46%	0%	0%	0%	53%

noch Tabelle 5-21

		REF-IER	UWE-WI	UWE-IER	RRO-WI	RRO-IER	RRO-IER Var. 2*	RRO-IER Var. 3	RRO-WI Var. 3	FNE-WI	FNE-IER	REF-IER Var. 1	UWE-IER Var. 1	RRO-IER Var. 1	FNE-IER Var. 1
Systemkosten	Kumulierte Kostendifferenz ggü. Referenz (19.182,6 Mrd.)	€/cap	3.333	5.134	2.966	9.106	25.383	9.954		2.077	– 4.928		4.876	11.841	– 7.922
	Auf 1998 abdiskontierte kum. Kosten- differenz ggü. Referenz (9.280,1 Mrd. 4	€/cap	527	1.158	596	2.094	6.136	2.560		227	– 1.345		1.149	2.830	– 2.062
	Kostendifferenz ggü. Referenz in 2050 (5.201,6 Mrd. 4	€/cap für 2050	298	323	170	605	1.225	616		175	– 144		318	702	– 305
	Auf 1998 abdiskontierte Kostendifferenz ggü. Referenz in 2050 (676,7 Mrd. 4	€/cap für 2050	39	42	22	79	159	80		23	– 19		41	91	– 40
Externe Kosten	Kostendifferenz ggü. Referenz in 2050 (5.074,8 Mrd. 4	€/cap für 2050	– 1.848	– 2.338	– 2.201	– 2.649	– 2.700	– 2.647		14.717	17.515		– 2.215	– 2.575	20.505
	Auf 1998 abdiskontierte Kostendifferenz ggü. Referenz in 2050 (660,2 Mrd. 4	€/cap für 2050	– 240	– 304	– 286	– 345	– 351	– 344		1.915	2.279		– 288	– 335	2.668

Durch Rundungsfehler können sich in der Summe Prozentwerte über 100 % ergeben

* Eine regenerative Vollversorgung wird aus modellimmaneneten Gründen nicht erreicht. Die Differenz zu 100 % beim primärenergetischen Anteil resultiert aus nicht energetischer Nutzung von Energieträgern.

Szenarien nicht möglich. Insofern bilden die Szenarien nicht alle Optionen zur CO_2- Minderung ab. Dies und der starke Anstieg der Energiedienstleistungen pro Kopf im Referenzszenario führen dazu, dass die resultierende Energiedienstleistungsnachfrage eher als oberer Rand der erwartbaren Bandbreite anzusehen ist. Dass die Szenarien dennoch die gesteckten Ziele erreichen, zeigt auf, dass der Wechsel zu einer Energiedienstleistungswirtschaft, Ressourceneffizienz und auch die Änderungen von Lebensstilen die Erreichung der Reduktionsziele und den Umbau der Energiewirtschaft erleichtern können.

5.4.2.1 Energieeffizienz

(1520) In allen Szenarien wird von einem deutlichen Rückgang der Endenergienachfrage ausgegangen. Allerdings sind zwei unterschiedliche zeitliche Profile der Effizienzentwicklung zu beobachten: Einerseits ein kontinuierlicher Anstieg der Effizienz, andererseits ein um ein bis zwei Jahrzehnte verzögerter, aber dann forcierter Effizienzzuwachs. Bei der eher sprunghaften Entwicklungsvariante stellt sich die Frage, ob die hierfür notwendige Dynamik auch tatsächlich (quasi plötzlich) erzeugt werden kann, wenn über Jahrzehnte hinweg keine diesbezüglich vermehrten Anstrengungen geleistet wurden. Auch aus der Perspektive von Vorsorge und Sicherung technologischer Entfaltungsmöglichkeiten ergibt sich, dass einer möglichst frühzeitig eingeleiteten Strategie und konsequenten Erschließung der Effizienzpotenziale eine wichtige Rolle für die Erreichung der Emissionsreduktionsziele zukommt.

(1521) Die wichtigsten Einsparpotenziale liegen im Gebäudebereich, sowohl in den Privathaushalten als auch in Gewerbe, Handel und Dienstleistungen. Die Energieeinsparungen bei den Neubauten und dem Gebäudebestand, sind insbesondere wegen der Langlebigkeit der Gebäude und der langen Zeiträume zwischen den Sanierungsmaßnahmen ab sofort möglichst kontinuierlich zu realisieren. Die Sanierungsziele sind heute technisch und in den meisten Fällen auch einzelwirtschaftlich machbar. In den Szenarien werden als Ziel im Jahr 2050 energetische Sanierungsraten von 1,3 % (FNE-WI) bis zu 2,5 % (alle IER) angenommen. Dies ist weit oberhalb der heutigen energetischen Sanierungsraten von 0,5 % pro Jahr. Im Vergleich der Szenarien stellt sich heraus, dass der durch die Erhöhung der Sanierungsrate erreichbare Mengeneffekt (gemessen an der resultierenden Wärmeverbrauchsminderung) deutlich größer ist als derjenige durch die spezifische Verbesserung des Wärmedämmstandards bei weiterhin konstanter energetischer Sanierungsrate. Maßnahmen zur Aktivierung dieser Effizienzpotenziale in der Breite sind also besonders wichtig und dringend.

(1522) Letztlich müssen jedoch alle Sektoren ihren Beitrag zur Senkung der Energienachfrage und der Emissionen leisten. Dabei kann eine möglichst schnelle Realisierung der Effizienzpotenziale im Verkehr Spielräume an anderer Stelle schaffen. Im Transportsektor wird angesichts der enormen Zuwachsraten und der beinahe totalen Abhängigkeit von Mineralöl mittel- und langfristig der Übergang zu klimafreundlichen Sekundärenergieträgern notwendig sein. Dies fällt umso leichter, je niedriger die dann vom Verkehrssektor noch benötigten Energiemengen sind.

5.4.2.2 Regenerative Energieträger

(1523) Alle Szenarien, auch das Szenario (fossile) „Umwandlungseffizienz“, beinhalten in weit höherem Umfang als das Referenzszenario den Einsatz regenerativen Energieträger. Dazu trägt zwar auch die politische Setzung durch die Europäische Union bei, das für Deutschland bis 2010 mit 12,5 % der Stromerzeugung durch erneuerbare Energien spezifiziert wurde. Im Folgenden erweist sich jedoch auch im „Fossil-nuklearen“ Szenario, dass ein weiterer Ausbau aller regenerativen Energien zur Erreichung der Klimaschutzziele unabdingbar ist. Die FNE-Szenarien zeigen aber auch, dass die erneuerbaren Technologien, wenn sie durch sehr risikobehafteten Strom verdrängt werden, nicht die notwendige Entwicklungszeit für ausreichende Kostensenkungen bekommen und dann ihren Marktanteil nicht ausweiten können. Die Kommission ist daher der Meinung, dass diese Beobachtung eine langfristige, angemessene Fortsetzung von Markteinführungsmaßnahmen (wie z. B. EEG und Marktanreizprogramm, Länderförderprogramme, Programme der Energiewirtschaft) rechtfertigt.

Der Mix der verschiedenen erneuerbaren Energien in den Szenarien resultiert in den Simulationen bzw. Optimierungen aus Kostengesichtspunkten oder wurde exogen vorgegeben. Nach Ansicht der Kommission wird insbesondere eine Energiewirtschaft, die vornehmlich auf erneuerbare Energieträger aufbaut, den Mix auch daran orientieren müssen, dass eine durchgängig sichere Versorgung gewährleistet ist.

5.4.2.3 Sekundärenergieträger

(1524) Alle Szenarien führen bis spätestens 2050 Wasserstoff als neuen Sekundärenergieträger. Bei IER wird er u. a. aus der Abpufferung der überschüssigen fluktuierenden Stromerzeugung durch Elektrolyse gewonnen und als Brennstoff für Brennstoffzellen auch in Kraft-Wärme-Kopplung benutzt. Dieser doppelte Vorteil verhilft dem Wasserstoff auch in solchen Szenarien zum Einsatz, in denen weder ein Mindesteinsatz für Kraft-Wärme-Kopplung noch für erneuerbare Energieträger vorgegeben ist (z. B. FNE). WI sieht den Hauptvorteil des Wasserstoffs in seiner Einsatzfähigkeit im Verkehrssektor, dessen klimaschädliche Emissionen aus fossilen Treibstoffen so um das notwendige Maß gesenkt werden können, und zwar über die Annahmen für gesteigerte Effizienz hinaus. Darüber hinaus sieht WI gute und kostengünstige – da zunächst ohne hohe Infrastrukturaufwendungen – Möglichkeiten, den Wasserstoff durch Beimischung zum Erdgas einzuführen, indem er anteilig in das Erdgasnetz eingespeist wird. Beide Nutzungsmöglichkeiten werden auch in der Literatur als notwendige Voraussetzung für ein zukünftiges Energiesystem auf der Basis klimaneutraler Energieträger dargestellt.

(1525) Die notwendige Einführung eines Sekundärenergieträgers, der keine Treibhausgasemissionen verursacht, hier Wasserstoff, oder einer anderen, heute noch nicht

etablierten (Speicher-)Technologie zeigt auch auf, dass gehörige Anstrengungen notwendig sind, um ein nachhaltiges Energiesystem im Allgemeinen und die Klimaschutzziele im Besonderen zu erreichen. Wenn Wasserstoff eines Tages die Lücke eines Speichers, der im Wesentlichen ohne zusätzliche Treibhausemissionen den Umbau zu einer klimafreundlichen Energiewirtschaft ermöglicht, schließen soll, sind dafür frühzeitig politische Weichenstellungen notwendig. Sinnvoll erscheint im ersten Schritt eine Erweiterung der Erdgas-Infrastruktur auch für Erdgas-Autos als Übergangstechnologie, mit der Option eines stetig wachsenden Wasserstoffanteils im Erdgasnetz, bis dann (wegen technischer Eigenschaften) später eine Umrüstung der Infrastruktur notwendig wird.

5.4.3 Nachhaltigkeit der Szenarien sehr unterschiedlich

(1526) In Bezug auf die Verwirklichung der Prinzipien nachhaltiger Energieversorgung müssen die Szenarien unterschiedlich bewertet werden. Zwar erreichen alle die 80 %-Emissionsreduktion, die meisten weisen aber in anderen Bereichen Defizite auf.

(1527) In den Szenarien „Umwandlungseffizienz“ ist die insgesamt anfallende Menge an Kohlendioxid, die deponiert werden muss, mittel- und langfristig in den bekannten Lagerstätten nicht unterzubringen. Berücksichtigt man außerdem, dass sich die Technologien zur großflächigen Abtrennung und Endlagerung noch in frühen Entwicklungsstadien befinden, so ist es sehr unsicher, dass die entscheidende technologische Option für diese Szenarien überhaupt bzw. in ausreichendem Umfang verfügbar sein wird. Hinzu kommt, dass diese Option trotz der weitgehend verharrenden (konservativen) Energieträgerstruktur zu einer erheblichen Umstrukturierung der Energieversorgung, vor allem im Bezug auf die Kraftwerksstandorte führen würde: Viele Kraftwerke müssten, um die Kosten niedrig zu halten, nahe an den Kohlendioxidendlagerstätten gebaut und mit Importkohle betrieben werden. Damit würde der größte Teil der Steinkohle-Stromerzeugung in neu errichteten küstennahen oder anderen norddeutschen Standorten stattfinden Der breite Einsatz von Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung mit CO_2-Abtrennung ist in diesem Kontext angesichts der räumlichen Bindung an das Wärmeabsatzpotenzial eher fraglich.

(1528) In den fossil-nuklearen Szenarien werden letztlich mindestens 50 neue Atomkraftwerke gebraucht. Das vom IER einbezogene Konzept der industrienahen nuklearen Wärmeauskopplung mit Reaktoren in der Größenordnung von 100 bis 300 MW lässt eine eher noch größere Anzahl erwarten. Weder für die heute existierenden, noch für diese Anzahl von neuen Atomkraftwerken ist eine mit Nachhaltigkeitsgrundsätzen zu vereinbarende Entsorgung der radioaktiven Reststoffe möglich. Die gesellschaftliche Akzeptanz eines forcierten Ausbaus der Atomenergie ist außerdem nicht gegeben. Die Risiken für Deutschland durch den Betrieb dieser Anlagen – nicht zuletzt durch die neuen Risiken des internationalen Terrorismus – sind nicht tragbar. Die Kommission sieht daher keine Alternative zum jetzt begonnenen Ausstieg aus der Atomenergie.

(1529) Bei den Szenarien, die auf einer „REG/REN-Offensive“ aufbauen, ist unter anderen die Flächennutzung durch die Windenergie und die Nutzung der Biomasse ein Aspekt, der die Nachhaltigkeit einschränkt. Die Doppelnutzung der Windregionen, ein Biomasseanbau ohne Monokultur und die Berücksichtigung der Ergebnisse der ökologischen Begleitforschung können diese Nachteile relativieren. Die Kommission ist der Ansicht, dass durch die Vielzahl von verschiedenen Technologien zur Effizienzsteigerung und zur Nutzung der erneuerbaren Energietechnologien und durch den dezentralen Charakter vieler erneuerbarer Energietechnologien ein Mix in der Anwendung gefunden werden kann, der diese Belastungen in einem akzeptablen Rahmen hält und durch die Diversifikation der Quellen die dauerhafte Stabilität der Versorgung gewährleistet. Insbesondere ist von Anfang an darauf zu achten, dass ein ökologisch optimierter Ausbau der erneuerbaren Energien erfolgt.

5.4.4 Kosten der Treibhausgasreduktion für Deutschland tragbar

(1530) Ein wesentliches Kriterium bei der Wahl zwischen verschiedenen Entwicklungspfaden, sind die gesamtwirtschaftlichen Kosten eines Energiesystem. Bei Szenarien, die weit in die Zukunft reichen, ist dieser Bewertungsmaßstab angesichts der Quantifizierungsprobleme und der hohen Unsicherheiten, z. B. bei der Entwicklung der fossilen Energieträgerpreise, allerdings mit großen Unsicherheiten verbunden.

(1531) Die Systemkosten des Referenzszenarios und seiner Variante belaufen sich im Jahr 2010 auf 12,5 % des BIP und gehen bis 2050 auf 9,2 bzw. 9,1 % zurück. In den Zielszenarien ohne Kernenergienutzung erhöht sich dieser Wert um 0,3 (WI-Szenario RRO) bis 1,2 Prozentpunkte (IER-Szenario RRO Var. 1) im Jahr 2050. In den fossil-nuklearen Szenarien bewegen sich die Relationsdifferenzen zwischen –0,5 und +0,3 Prozentpunkten. Gemessen an den zusätzlichen Kosten je Einwohner im Endjahr 2050, bewegen sich die Ergebnisse der Szenarien ohne weitere Kernenergienutzung in einer Bandbreite zwischen 170 € und gut 700 € je Einwohner. Bei einer erneuerbaren Vollversorgung sind die Werte ca. 1 225 € je Einwohner und bis zu 2,1 Prozentpunkten (IER-Szenario RRO Var. 2) relativ zum Bruttoinlandsprodukt in 2050 höher. Sie liegen damit prozentual – gemessen am BIP – etwa auf dem gleichen Niveau wie heute.

(1532) Die Betrachtung der Kostendifferenz der externen Kosten gegenüber der Referenz – im Jahr 2050 zeigt ein deutlich zweigeteiltes Bild: Während das FNE-Szenario in 2050 deutlich höhere externe Kosten aufweist als die Referenzentwicklung (14 717 €/cap in 2050 bei WI, 17 515 €/ in 2050 bei IER nicht abdiskontiert), führen sowohl das UWE – als auch das RRO-Szenario gegenüber der Referenz zu einer Kostenreduktion. Die deutlichsten Reduktionen werden dabei im RRO-Szenario beider Institute erreicht (UWE-Szenario: –1 848 €/Einwohner in

2050 bei WI, –2 338 €/Einwohner in 2050 bei IER; RRO-Szenario: –2 201 €/Einwohner in 2050 bei WI, –2 649 €/Einwohner in 2050 bei IER). In der Relation der externen Kosten zum BIP führt das FNE-Szenario im Bezugsjahr (2050) zu einer Mehrbelastung von ca. 26 % bis 31 %. Demgegenüber liefern die übrigen Szenarien einen Verringerung von etwa 3 % bis 5 %. Selbst Ansätze für die externen Kosten der Kernenergieerzeugung, die um den Faktor 20 bis 40 unter den Annahmen der Kommissionsmehrheit liegen, führen dazu, dass sich das FNE-Szenario als das Szenario mit den höchsten Gesamtkosten (direkte und externe Kosten) ergibt.

(1533) Berücksichtigt man die in Kapitel 5.2.3 dargestellten Berechnungs- und Interpretationsunterschiede der Gutachter, die unterschiedlichen Basisdatensätze und die unterschiedlichen Ausbaupfade, so ist die Bandbreite der zusätzlichen volkswirtschaftlichen Kosten relativ klein. Des weiteren liegen diese Zahlen sehr nahe beieinander und schätzen die auf die Volkswirtschaft zukommenden, zusätzlichen Kosten daher wohl relativ zuverlässig. Vor dem Hintergrund des mit diesen Mehrkosten verbundenen Nutzens – nämlich der Reduktion der Treibhausgasemissionen um 80 % bis 2050 bei Verzicht auf die Kernenergie, der Schaffung von Arbeitsplätzen und Standortvorteilen für zukunftsträchtige Wirtschaftszweige in Deutschland – sind für die Kommission selbst die Maximalwerte gesellschaftlich vermittelbar und akzeptabel. Diese Schlussfolgerung gilt erst recht, wenn die externen Kosten mit ins Kalkül gezogen werden.

5.4.5 Nachhaltige Energiewirtschaft durch effiziente Energietechnologien und erneuerbare Energien

(1534) Aufgrund all dieser Überlegungen kommt die Kommission zu der Überzeugung, dass nur ein am Szenario „REG/REN-Offensive“ orientierter Entwicklungspfad als nachhaltig bezeichnet werden kann. Eine Hauptaufgabe zukünftiger Energiepolitik wird es sein, die heutige Energiewirtschaft und neue Akteure in diesem Transformationsprozess zu begleiten und zu fordern. Implementiert man in diese „REG/REN-Offensive“ auch noch Aspekte der Steigerung der Umwandlungseffizienz ohne dabei den Ausbau der erneuerbaren Energietechnologien zu behindern, so wird es noch leichter, den gewünschten Klimaschutzeffekt zu erreichen.

(1535) Das Szenario „REG/REN-Offensive“ ist gesellschaftlich und technologisch entwicklungsoffen: Wie die Variante 2 dieses Szenarios aufzeigt, ist auch eine volle Versorgung auf Basis der erneuerbaren Energietechnologien möglich. Allerdings sollte diese angesichts der zusätzlichen hohen Kosten aus heutiger Sicht nicht schon bis 2050 realisiert werden, sofern nicht zusätzliche Kostendegressionen gegenüber den Annahmen erreicht werden. Eine Offensive in den erneuerbaren und Effizienztechnologien ermöglicht es jedoch auch, falls notwendig, noch früher mit entsprechender Vorlaufzeit aus der Atomenergie auszusteigen, und ist somit nicht nur der Weg mit den geringsten negativen Auswirkungen, sondern eröffnet Deutschland neue und große Handlungsspielräume.

Sondervoten zu Kapitel 5

Minderheitsvotum des Kommissionsmitglieds der Fraktion der PDS einschließlich des von ihr benannten Sachverständigen Prof. Dr. Jürgen Rochlitz

Die von der Kommission in Auftrag gegebenen Szenarien litten von Anfang an daran, dass ihnen keine konsequente Nachhaltigkeitsstrategie zu Grunde lag und dass eine große Bandbreite von Möglichkeiten – von der Fortsetzung des fossil-nuklearen Energiesystems bis zu einer solaren Vollversorgung – durchgerechnet werden sollte. Zudem ist die Berechnung dieser Bandbreite von zwei Instituten durchgeführt worden, die jeweils unterschiedlichen Philosophien der Energieversorgung anhängen; Ausgeglichen werden sollte dies durch eine Art Supervision durch ein drittes Institut. Dieses Konzept scheiterte einerseits an den unterschiedlichen Interessenlagen der beauftragten Institute wie auch der Regierungsmehrheit und der Oppositionsmehrheit aus CDU und FDP, andererseits aber auch an dem hohen Zeit- und Abstimmungsaufwand für die Lieferung der Basisdaten. So wundert es nicht, dass sich in der Schlussphase herausstellte, dass gerade die Basisdaten von einem Institut zugunsten atomarer Energieversorgungssysteme verändert wurden. So werden Szenarien vorgelegt, die leider in sich nicht konsistent sind und die gegenseitige Überprüfung erfolgte nicht aus neutraler, wissenschaftlicher Perspektive.

Zudem wurden einige Basisdaten und Entwicklungen von der Mehrheit der Kommission vorgegeben, die nicht unseren Vorstellungen von Nachhaltigkeit entsprechen. So wurde eine deutlich sinkende Bevölkerung mit nur geringen Zuwanderungseffekten angenommen. Im Referenzszenario ergeben sich daraus und aus der Annahme fortgesetzten wirtschaftlichen Wachstums steigende Pro-Kopf-Einkommen mit einem gleichbleibend hohen Energieverbrauch pro Kopf.

Aber auch das Festhalten an der – wie wir in unseren übrigen Sondervoten dargestellt haben – keineswegs sozialen Marktwirtschaft entspricht nicht unseren Vorstellungen von Nachhaltigkeit. Die Modellberechnungen basieren im Kontext der Marktwirtschaft auf der Optimierung von gesamtwirtschaftlichen Kosten; nur solche Reduktionen von Treibhausgasen werden verfolgt, deren Mehrkosten geringer sind als bei Alternativen. Hierbei bleiben die sozialen Ziele einer nachhaltigen Entwicklung gänzlich unberücksichtigt. So können Aussagen über die Auswirkungen auf die Beschäftigung nur indirekt über die ökonomischen Veränderungen gemacht werden. Selbstverständlich ist dabei die Erkenntnis, dass die Beschäftigung im Kohle- und Öl-Bereich abnimmt, wenn auf regenerative Energien umgestellt wird. Und ebenfalls selbstverständlich steigt dabei die Beschäftigung im Bau- und Handwerkssektor sowie bei den Anlagenbauern. Über den Netto-Beschäftigungseffekt vermögen die Szenarien jedoch keine Auskunft zu geben, ebenso wenig über sämtliche sozialen Indikatoren.

Während also vom Prinzip her die sozialen Indikatoren der Nachhaltigkeit keinen Eingang in die Modellrechnungen gefunden haben, ist auch die Beachtung der umfang-

reichen ökologischen und ökonomischen Indikatoren aus dem ersten Bericht dieser Kommission kaum gelungen (BT-Drs. 14/7509, Kap. 3.2.4 „SIENA -Standard-Indikatoren für Nachhaltigkeit“ und Sondervotum der PDS-Fraktion hierzu S. 57 f). Zwar werden mit der Reduktion der Emissionen von Treibhausgasen auch die mit ihnen gleichzeitig entstehenden weiteren Schadgase wie NO_x, CO u. a. ebenfalls mengenmäßig vermindert. Im Falle des Szenarios „REG/REN-Offensive“ und seiner Varianten werden auch die Gewässer weniger durch Kühlwasser und eingeleitete Schadstoffe belastet.

Wenn allerdings im Szenario „Fossil-nuklearer Energiemix“ im Endzustand 60 Atomkraftwerke in Deutschland stehen, dann widerspricht dies nicht nur wesentlichen Kriterien von Nachhaltigkeit (Risikominderung, Dezentralität, Fehlerfreundlichkeit), sondern die unheilvolle Praxis der Ansammlung von hochradioaktiven Abfallstoffen ohne sichere Entsorgungsmöglichkeit findet eine Fortsetzung und belastet heutige und spätere Generationen. Die Mehrheit der Opposition aus CDU/CSU und FDP unterstützt eine solche Entwicklung.

Aber auch die Regierungskoalition setzt weiter auf die Nutzung der Atomenergie – mindestens für die Hälfte des Prognosezeitraums gemäß der Konsensvereinbarung mit den Energieversorgern und daher mit beachtlicher Unbestimmtheit über die weitere Verfahrensweise.

Eine weitere neue Technik trifft auf die Unterstützung durch die Oppositionsmehrheit: mit Hilfe der sogenannten Transmutation sollen Spaltungsreaktoren jeglichen radioaktiven Abfall vermeiden können. Durch die Nutzung einer externen steuerbaren Strahlenquelle (Protonenbeschleuniger) soll auch eine inhärente Sicherheit gegeben sein. Die Unwägbarkeiten und Unsicherheiten bei der Entwicklung eines solchen Systems lassen schon heute Zweifel aufkommen, ob die Versprechungen zur Vermeidung von radioaktiven Abfällen und Gefahren jemals eingelöst werden können.

Wir können alle Szenarien, welche die Atomenergie, einschließlich aller weiteren Optionen auf andere Nutzungsmöglichkeiten nicht als nachhaltig anerkennen und bewerten. Wir setzen daher auf die risikolosen, mit deutlich geringerem finanziellen Aufwand weiterentwickelbaren Techniken mit regenerativen Energieträgern und mit Einsparpotentialen, sowie auf die vielfältigen Reduktions-Potentiale durch Verhaltensänderungen.

Lediglich die beiden Varianten der REG/REN-Szenarien mit sofortigem Atomausstieg (beantragt von der PDS-Fraktion) und mit solarer Vollversorgung bis 2050 besitzen als Nachhaltigkeitskomponenten den sofortigen Atomausstieg bzw. eine zu fast 100 % auf regenerativen Energieträgern beruhende Energiewirtschaft.

In den anderen Punkten entsprechen beide Szenarien nicht den von uns hier beschriebenen Vorstellungen von Nachhaltigkeit. Die sozialen und Beschäftigungs-Auswirkungen bleiben im Unklaren. Bei steigendem Pro-Kopf-Einkommen – das bei allen Szenarien unterstellt wird – ist auch mit weltweit steigenden Einkommensunterschieden zu rechnen, damit mit mehr Armut.

Für den Verkehrsbereich wurde lediglich von technischen Verbesserungen am Fahrzeug ausgegangen nicht jedoch von grundsätzlicher Umorientierung. Die Ergebnisse für den Modal Split öffentlicher und Schienenverkehr im Jahr 2050 sind dementsprechend: 30 % (Personen) bzw. 19 % (Güter) beim Szenario Umwandlungseffizienz; 37 % (Personen) bzw. 24 % (Güter) beim Szenario „REG/REN-Offensive“.

Aber auch im Kernbereich nachhaltiger Energieversorgung, bei den regenerativen Energieträgern stimmen die Gewichtungen nicht. Die Ausbau- und Entwicklungsmöglichkeiten in den 50 Jahren der Szenarien wird bei der Stromerzeugung mit Solarzellen völlig unterschätzt. Allerdings wird richtig eingeschätzt, dass schon heute der politische Wille fehlt, die Entwicklung auf diesem Sektor stärker als bisher voranzutreiben.

Insgesamt betrachtet ist die für das Zieljahr 2050 projizierte Mischung von erneuerbaren Energieträgern einer eingehenden Prüfung zu unterziehen. Um die sich addierenden Vorteile der gesamten Palette erneuerbarer Energien besser nutzen zu können, muss ein ausgewogener Mix angestrebt werden. Im Bereich der Biomasse muss differenziert werden zwischen Energie aus Abfällen der Landwirtschaft, aus zu diesem Zweck angebauten Energiepflanzen, aus Holz, Abfällen aus der Holzindustrie. Die Verbrennung von Müll als Nutzung von Biomasse zu betrachten, halten wir für unzulässig

Als grundsätzliches Defizit aller Szenarien sehen wir den Mangel an einer Strategie der Nutzung von Verhaltenspotentialen. Im Zusammenhang damit steht auch der mangelhafte Umbau des Verkehrssektors zur nachhaltigen Mobilität, wie wir sie im Sondervotum zu Kap. 4.3.4 beschrieben haben.

Schließlich sind auch die Ziele einiger Szenarien nicht mit unseren Nachhaltigkeitszielen vereinbar. Während wir von einer Einstellung der Nutzung nicht-erneuerbarer Ressourcen binnen zweier Generationen ausgehen, soll das „Umwandlungsszenario“ die Nutzung heimischer Kohlen ermöglichen mit der technologisch und ökonomisch keineswegs gesicherten »Deponierung« von CO_2. Diese Technik erfordert zentrale Großanlagen an den Orten mit CO_2-Speichern in Kombination mit Fernwärmenetzen, da wenigstens mit Hilfe der KWK-Technik noch eine nennenswerte Umwandlungseffizienz erhalten werden soll. Der Energieaufwand zur Anreicherung und Deponierung von CO_2 vermindert die Energieeinsparung, die durch Optimierung bei der Umwandlungseffizienz in anderen Bereichen zu erzielen ist. All dies zusammen genommen ergibt ein Szenario, welches wesentliche Nachhaltigkeitskriterien verletzt.

Die Szenarien beschreiben also – wie von der Kommission vorgegeben – Pfade zur achtzigprozentigen Minderung der Treibhausgasemissionen bis 2050. Zur Erreichung dieses Ziels bzw. zu dessen Unterbietung ist sowohl eine solare Vollversorgung als auch ein besonders schneller Atomausstieg möglich. Doch sind die beschriebenen Pfade in anderen Aspekten alles andere als nachhaltig. Besonders gravierendes Defizit dieser Reduktionspfade ist ihre mangelnde

Aussagekraft zur Beschäftigungslage und zu den sozialen Verhältnissen.

Sondervotum des Sachverständigen Prof. Dr. Jürgen Rochlitz zu Kapitel 5

Es ist bekannt, dass es für nicht-erneuerbare Energien endliche Grenzen gibt, entsprechendes gilt jedoch auch für alle erneuerbaren Energien. Nicht alle Flächen bzw. Standorte sind für Photovoltaik oder Windkraftanlagen geeignet; Natur-, Artenschutz und Anwohnerrechte schränken dazu noch die Zahl möglicher Standorte für Windkraftanlagen (WKA) ein; auch die Beachtung von Menschenrechten im Fall von Großvorhaben für Stauseen in Entwicklungsländern muß restriktiv wirken. Trotz dieser Restriktionen verbleibt ein gigantisches Potential, das eine solare Vollversorgung ermöglicht. Und dennoch wurden diese Randbedingungen im Szenario „REG/REN-Offensive“ nicht beachtet.

So ist der Endausbau der regenerativen Energieträger im Szenario der solaren Vollversorgung durch ein 15faches Übergewicht der Windenergie gegenüber der Photovoltaik gekennzeichnet. Damit wird die vorzügliche Ergänzungswirkung von Wind- und Solarenergie nicht genutzt. Es wird in Kauf genommen, dass vermehrt (u. U. fossile) Reserveleistung zur Absicherung der fluktuierenden Erzeugung aus Windkraft in Anspruch genommen werden muß.

Ein zwischen Wind- und Solarenergie gleichgewichtiger Ausbau ist daher vorzuziehen. Damit würde auch stärker berücksichtigt, dass die thermische und elektrische Nutzung der Solarenergie als wirklich dezentrale und demokratische Energiegewinnungsform stärker zum Tragen kommen kann, mit deren Hilfe jeder Haushalt sein eigenes, unabhängiges Kraftwerk bekommen könnte.

Der im Szenario der REG/REN-Offensive vorgesehene rasante Ausbau der Windenergie ist aus weiteren Gründen problematisch. Die beschriebene Verzehnfachung der Kapazitäten und Strommengen bis 2010 lässt sich nur realisieren mit leistungsstärkeren Anlagen und mit Errichtung von offshore-Anlagen in sehr kurzen Fristen. Die Grundlagen hierfür sind jedoch noch nicht ausreichend ermittelt. Noch ist nicht sicher, dass die größeren Anlagen der Multi-Megawatt-Klasse sich in ihrer Störanfälligkeit nur wenig von den leistungsschwächeren Anlagen unterscheiden. Wahrscheinlicher ist eine höhere Störanfälligkeit, die zu einem deutlichen Absinken der Betriebszeit unter 2000 Stunden im Jahr führen kann. Dann aber ist Stromertrag und Wirtschaftlichkeit gefährdet.

Bei den Offshore-Anlagen sind die zusätzlichen Unklarheiten noch größer. Bei Meerestiefen von 30 Metern und mehr stellen sich ganz neue Probleme für die Fundamentierung. Die bisher nur auf dem Papier existierenden Turbinen und Rotoren sind zudem ständig dem aggressiven Salz-Wasser-Luft-Medium ausgesetzt. Die Störanfälligkeit wird damit sicherlich nicht verringert. Die Windparks müssen schließlich kilometerlang verkabelt werden; diese Kabel müssen in der Nordsee zwangsläufig durch die Biosphärenreservate dreier Bundesländer verlegt werden (die großflächigen Wattenmeere), in der Ostsee sind es ähnliche hochrangige Schutzgebiete, die betroffen sind. Sodann muss die Netzanbindung an Land ausgelegt werden auf die riesigen fluktuierenden Strommengen, was technisch ebenfalls noch nicht geklärt ist. Eines ist jedoch jetzt schon sicher: diese Art von Stromversorgung wird zunehmend zentralistischer – die Deutsche Bucht oder das Odermündungsgebiet wird zu einem großflächigen Großkraftwerk, das dem Dezentralitätskriterium für Nachhaltigkeit widersprechen würde. Ökonomische Vorteile aus diesen Großprojekten ziehen erneut wie bei anderen Großkraftwerken die multinationalen Konzerne.

Wenn auf diesen Ausbau der Windenergie gesetzt wird, wird die Forschung und Entwicklung im Photovoltaik-Bereich, die forciert werden müsste, um zu preiswerteren Solarzellenmaterialien zu kommen, weiter vernachlässigt.

Und letztlich ist bisher noch nicht hinreichend geklärt, in welchem Ausmaß die Vogelwelt, die Meerestiere und die Bodenflora wie -fauna beeinträchtigt werden durch die geplanten Vorhaben. Arten- und Naturschutz darf dabei nicht nachrangig behandelt werden. Vielmehr müssen - ebenso wie an Land übrigens – naturschutzfachliche Untersuchungen unabhängiger Institutionen vor dem Bau und danach durchgeführt werden.

Insgesamt betrachtet ist der im REG/REN-Szenario angenommene schnelle Ausbau der Windenergie möglicherweise nicht realisierbar, nachhaltig gestaltet werden kann es nicht. Zur Gewährleistung eines nachhaltigen Ausbaus der Windenergie müsste vor allem der Natur- und Artenschutz wieder einen höheren Stellenwert bekommen und die Position seiner Institutionen gegenüber Wirtschaft und Öffentlichkeit gestärkt werden.

Sondervotum des Sachverständigen Prof. Dr.-Ing. Alfred Voß zu Kapitel 5

Aufgabe der szenariogestützten Analyse möglicher Entwicklungen der Energieversorgung in Deutschland war es – wie im Einsetzungsbeschluss der Enquete-Kommission formuliert – für den „politischen Willensbildungsprozess zur künftigen Energiepolitik eine belastbare, an wissenschaftlich-systematischen Kriterien orientierte Beratungsgrundlage zu schaffen.“

Unabhängig von dem Umstand, dass die Kommissionsmehrheit der Fraktionen SPD und Bündnis 90/Die Grünen eine angemessene Beratung dieser Beratungsgrundlage durch ihre Beschlüsse zum Fertigstellungstermin des Endberichtes der Kommission nicht ermöglicht hat, sind die zuvor erläuterten Vorstellungen zur Rolle und Funktion von szenariogestützten Analysen als Hilfsmittel der Politikberatung zum großen Teil doch überholt. In der Wissenschaft herrscht weitergehender Konsens, dass die Nutzung von Energiemodellen im Rahmen szenariogestützter Analysen nicht darauf abzielen kann, die Prognosen der Entwicklung des Energieverbrauchs und seiner Deckung zu verbessern oder durch detailliertere Modelle die „Vorhersagegenauigkeit des Modells“ zu erhöhen. Sondern primäres Ziel szenariogestützter Analysen ist es unter expliziter Berücksichtigung der relevanten Unsicherheiten mögliche Entwicklungen des

Energiesystems zu analysieren, um Handlungsnotwendigkeiten abzuleiten, Gestaltungsspielräume aufzuzeigen und Handlungswirkungen möglichst umgehend zu explizieren und bestehende Zielkonflikte deutlich zu machen.

Angesichts der Unsicherheiten bezüglich der Entwicklung wichtiger Determinanten des Energieverbrauchs und seiner Deckungsstrukturen ist es zwingend, die quantitativen Ergebnisse von Szenarioanalysen qualitativ im Hinblick auf die Fundierung energiepolitischer Strategien zu interpretieren. Robuste, d. h. tragfähige Entscheidungen lassen sich daher wohl weniger durch die Verwendung alternativer Modellansätze identifizieren, als durch eine sinnvolle Ausgestaltung der Szenarien sowie eine ausreichende Behandlung von Unsicherheiten.

Beide Anforderungen werden durch die von der Kommission definierten Szenarien und gemachten Szenariovorgaben nicht ausreichend erfüllt. Die Szenarien sind nicht konzipiert im Hinblick auf einen möglichst großen Erkenntnisgewinn, sondern um die eigenen politischen Vorstellungen und Vorurteile zu bestätigen.

Der von dem Vertreter der Fraktion von SPD und Bündnis 90/Die Grünen erhobene Vorwurf, dass das Konsortium der Gutachter nicht in der Lage war, dem von der Kommission erwarteten Abstimmungs- und Analyseprozess intern durchzuführen, entbehrt jeder Grundlage, da die Kommission selbst aktiv in diesen Abstimmungsprozess eingegriffen hat, weil sie glaubte, den Gutachtern bestimmte Vorgaben machen zu müssen.

Festzustellen bleibt auch, dass es eine Vorgabe der Kommission an die Gutachter war, den Szenarien eine gesamtwirtschaftliche Betrachtung im Hinblick auf die Kosten zugrunde zu legen, was aus methodischer Sicht ja auch vernünftig ist. Es wäre nur gut gewesen, wenn alle Szenarien auch entsprechend dieser Vorgabe entwickelt worden wären.

6 Politische Strategien und Instrumente einer nachhaltigen Energiepolitik[1]

6.1 Strategien[2]

6.1.1 Grundsätzliche Überlegungen

(1537) Die Enquete-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und der Liberalisierung“ sieht ihre zentrale Aufgabe darin, als Ergebnis ihres mehr als zweijährigen Diskussionsprozesses Empfehlungen zu formulieren, mit denen die bereits im Ersten Bericht aufgezeigten Zielsetzungen einer an Nachhaltigkeitskriterien orientierten Energiewirtschaft aussichtsreich weiterverfolgt werden könnten.

(1538) Sie empfiehlt im Rahmen dieses Kapitels 6.1 zunächst eine Reihe von richtungsweisenden Strategien für eine nachhaltig-zukunftsfähige Energiewirtschaft bis zum Jahr 2050. Diese finden ihre fundamentale Begründung in dem Zielsystem, das – ausgehend vom Ersten Bericht – in den Kapiteln 2 und 5 umfassend entwickelt wurde.

(1539) Strategien werden hier verstanden als langfristig angelegte Handlungsentwürfe, durch die zentrale Zielvorgaben mit Instrumentenkategorien und Maßnahmenbündeln systematisch verbunden werden. Sie sind auf der Basis einer Situationsdiagnose entwickelt und verlangen von den politischen Akteuren die Fähigkeit, langfristige Allgemeininteressen gegen kurzfristige Teilinteressen durchzusetzen. Erfolgreiche Strategieentwicklung setzt daher eine hohe Integrationsfähigkeit, ausreichende Handlungskapazitäten und Lernfähigkeit der Akteure voraus.

(1540) Strategien sind konzeptionell zu trennen von Instrumenten; die grundsätzliche Strategiewahl ist der Instrumentendiskussion zeitlich vorgelagert. Strategien lassen sich häufig mit unterschiedlichen Instrumenten realisieren, so dass die Strategiewahl zunächst keine Rückschlüsse auf die Festlegung der Instrumente zulässt.

(1541) Ein wesentlicher Ausgangspunkt bei der Strategieformulierung war die Einsicht, dass die mit dem Konzept einer nachhaltigen Energiewirtschaft verfolgten Zielsetzungen nicht automatisch durch die real existierenden Märkte und Wettbewerbsformen erfüllt werden, sondern dass der Politik in diesem Zusammenhang explizite Aufgaben zugewiesen werden. Neben der Schaffung der ordnungsrechtlichen, organisatorischen und institutionellen Voraussetzungen gehören dazu auch finanzielle Transfers und Anschubfinanzierungen. Sie sind erforderlich, um neue Märkte und zukunftsfähige Geschäftsfelder zu entwickeln und neuen Technologien und Akteuren Marktzutritt zu verschaffen. Darüber hinaus müssen nationale Nachhaltigkeitsstrategien unter den Bedingungen der Globalisierung in ihren vielfältigen Dimensionen in internationale Strategien eingebettet werden und sich mit den spezifischen Anforderungen der Entwicklungs-, Schwellen- und Transformationsländer auseinandersetzen.

(1542) Der Enquete-Kommission ist bewusst, dass sich Strategien im Hinblick auf die zentralen Zielsetzungen ergänzen, aber auch beeinträchtigen oder gegenseitig blockieren können. Diese Interdependenzen kommen jedoch erst bei der konkreten Instrumentenauswahl zum Tragen und sind bei der Festlegung des Policy Mix entsprechend zu berücksichtigen.

6.1.2 Nachhaltige Energiewirtschaft im Spannungsfeld von Umwelt- und Klimaschutz, wirtschaftlicher Leistungsfähigkeit und sozialen Anforderungen

(1543) Die Politik zur Verwirklichung einer nachhaltigen Energiewirtschaft ist durch drei entscheidende Rahmenbedingungen bzw. Anforderungen geprägt:

– durch den *Klimawandel* und andere Umwelt- und Sicherheitsprobleme;

– durch das Ziel des Erhalts und der Steigerung der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit insbesondere vor dem Hintergrund der *Liberalisierung* und den Anforderungen an einen hohen *Versorgungsstandard* sowie

– durch die sozialen Veränderungen und Aufgaben, die sich bei der Verwirklichung eines nachhaltigen Energiesystems auf nationaler wie auch internationaler Ebene stellen.

(1544) Für alle drei genannten Bedingungen gilt, dass sie auch stark durch eine internationale Komponente geprägt sind. Dies macht es erforderlich, den Blickwinkel nicht mehr allein an einer nationalen, sondern verstärkt auch an einer internationalen Perspektive auszurichten.

(1545) Klimaschutzpolitik ist charakterisiert durch

– die Notwendigkeit einer ökologischen Modernisierung und Strukturveränderung im Sinne einer präventiven und zielorientierten Umweltpolitik. Klimaschutzpolitik erfordert eine grundlegende Transformation des Energiesystems, die sich auch aus den Ergebnissen der Szenarienanalysen der Enquete-Kommission[3] ablesen lässt.

---

[1] Minderheitsvotum der Kommissionsmitglieder von CDU/CSU und FDP: In ihrer Instrumentenwahl konzentriert sich die Mehrheit der Kommissionsmitglieder nur auf einige wenige und setzt diese dazu ein, jenseits ihrer zum Teil fraglichen ökologischen Lenkungsfunktion den Umbau der Gesellschaft voranzutreiben – Vergleiche hierzu Minderheitsvotum, insbesondere Kapitel 6.

[2] Minderheitsvotum des Kommissionsmitglieds der Fraktion der PDS einschließlich des von ihr benannten Sachverständigen Prof. Dr. Jürgen Rochlitz zu Kapitel 6.1 siehe am Ende des Kapitels.

[3] Vergleiche Kapitel 5.

Kasten 6-1

Begründung für eine vorsorgende Klimaschutzpolitik angesichts von Ungewissheitsproblemen

Anders als bei der unmittelbaren Gefahrenabwehr stehen staatliche Eingriffe und Steuerungsmaßnahmen nach dem Vorsorgeprinzip, die wie im Falle einer nachhaltigen Energiepolitik auf langfristigen wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Strukturwandel abzielen, vor der Notwendigkeit einer Begründung, in der die enthaltenen Ungewissheitsprobleme reflektiert werden. Ungewissheiten bestehen insbesondere hinsichtlich des zu erwartenden Schadensumfangs und anderer Effekte des Klimawandels, dessen langfristige Erscheinungsformen in wissenschaftlichen Modellrechnungen abgebildet werden können. Eine volkswirtschaftliche Kosten-Nutzen-Analyse, deren Bezugsrahmen sich auf die zukünftigen Klimaeffekte und abwehrend zu ergreifende Maßnahmen beschränkt, wird daher nur schwer eine unanfechtbare Begründung für einen angemessenen Kostenaufwand für Klimaschutzmaßnahmen bieten können. Denn erst wenn es zu spät ist und sich die Prognosen und Szenarien über Schadenswirkungen als wahr erwiesen hätten, wäre nach dieser Betrachtungsweise ein bestimmter Kostenaufwand für Klimaschutzmaßnahmen ökonomisch zweifelsfrei zu begründen.

Allerdings erweist sich bei einer umfassenden Bewertung der in Betracht kommenden Maßnahmen eine derartig eingeschränkte Kosten-Nutzen-Analyse als unangemessen. Dies gilt nicht nur im Hinblick auf das beträchtliche Potenzial von „No-Regret“-Optionen, sondern auch hinsichtlich der vielfältigen positiven „Nebeneffekte“ einer engagierten Klimaschutzpolitik. Daher legt die Tatsache, dass Klimaschutzpolitik vielfältige Schnittmengen mit anderen Zielbereichen einer nachhaltigen Energiepolitik aufweist, einen weit differenzierteren Ansatz bei der Bewertung vorhandener Ungewissheiten nahe. Werden nämlich die positiven Effekte, die einzelne energiebezogene Maßnahmen zur Reduzierung des THG Ausstoßes, etwa für Ziele der Ressourcenschonung, der Luftreinhaltung, der Versorgungssicherheit oder für technologie- und industriepolitische Ziele haben, in die Abwägung einbezogen, erhöht sich der volkswirtschaftliche Nutzen dieser Maßnahmen beträchtlich. Daraus folgt, dass mit großer Wahrscheinlichkeit auch dann, wenn der prognostizierte klimawandelinduzierte Schaden nicht eintritt, der induzierte Gesamtnutzen klimapolitischer Maßnahmen deren Kosten bei weitem überwiegen wird. Für die Frage, ob klimapolitisches Handeln angesichts von Ungewissheiten über den Schadenseintritt geboten ist oder nicht, bedeutet dies, dass es aus volkswirtschaftlicher Sicht besser ist zu handeln als nicht zu handeln.

– die Langfristigkeit des Problems. Das Klimasystem reagiert mit einer Zeitverzögerung von mehreren Jahrzehnten auf anthropogen verursachte Eingriffe. Sowohl die durch den Klimawandel ausgelösten Veränderungen der natürlichen Umwelt als auch die Folgen, die daraus für wirtschaftliche und soziale Systeme erwachsen, verlangen daher eine Perspektive, die weit über Legislaturperioden und sogar über Generationen hinaus reicht. Dementsprechend sind auch die politischen Antworten darauf – über die jeweils herrschenden Regierungsmehrheiten hinaus – mit einer langfristigen Perspektive und mit einer möglichst hohen gesellschaftlichen Akzeptanz anzulegen.

– die Disparität von Verursachung und Betroffenheit. Zwischen der individuellen Freisetzung klimawirksamer Gase und ihren kollektiven klimaverändernden Wirkungen besteht kein direkt erkennbarer Zusammenhang. Aus dieser eingeschränkten Wahrnehmbarkeit und der schleichenden Veränderung des Klimas ergibt sich ein politisches Vermittlungsproblem. Politisches Handeln kann hier nicht (wie z. B. bei Unfällen) an der unmittelbaren Betroffenheit anknüpfen, sondern nur an den antizipierten Wirkungen und Schäden von Klimaveränderungen.

– einen „globalen“ Handlungsdruck mit geographisch sehr ungleich verteilten Verursachern und Folgen quer zu bisherigen „Systemgrenzen“ und nationalen Grenzen. Zum Beispiel sind ohne eine aktive weltweite Klimaschutzpolitik neue Verteilungskonflikte (ausgelöst durch Flüchtlingsströme, Ernteausfälle und Wasserknappheit) und entsprechende soziale Verwerfungen zu erwarten.

(1546) Erhalt und Steigerung wirtschaftlicher Leistungsfähigkeit vor dem Hintergrund von Liberalisierung und Wettbewerb sind u. a. durch folgende Merkmale charakterisiert:

– Funktionsfähiger Wettbewerb fördert effiziente Lösungen und führt zur Freisetzung von Rationalisierungspotenzialen. Er sanktioniert wirtschaftliches Fehlverhalten und führt zum Ausscheiden ineffizienter Akteure, damit allerdings auch zum Beschäftigungsabbau.

– Funktionsfähiger Wettbewerb ist an einige Grundbedingungen geknüpft; hierzu zählen: Akteursvielfalt und gleichverteilte Marktchancen sowohl für die Anbieter- als auch für die Nachfrageseite, Markt- und Preistransparenz sowie Diskriminierungsfreiheit und freier Markzugang. Von diesen Voraussetzungen sind die real existierenden Energiemärkte noch deutlich entfernt.

– In dynamischer Hinsicht kann Wettbewerb auch als Such- und Entdeckungsprozess verstanden werden, durch den Innovationen und technischer Fortschritt vorangetrieben werden.

(1547) Ein hoher Versorgungsstandard ist charakterisiert durch

– eine ausreichende Bereitstellung von Energiedienstleistungen für alle heutigen und künftigen Nachfrager;

– einen möglichst weitgehenden Ausschluss von Risiken, die aus kurz- oder langfristigen Unterbrechungen von Energieträgerlieferungen resultieren. Darunter fallen neben politisch motivierten Liefereinschränkungen auch der Anfälligkeitsgrad der Infrastruktur und großtechnischer Anlagen für technisches oder menschliches Versagen oder Einwirkungen von außen wie Naturkatastrophen oder Terroranschläge;

– den Abbau der Importabhängigkeit von fossilen Energien durch Ausschöpfung der nationalen Effizienzpotenziale und der „heimischen“ erneuerbaren Energien sowie

– die Notwendigkeit, solche Risiken einzudämmen, die aus der zum Teil unvermeidlichen Preisvolatilität von Energieträgermärkten und insbesondere des Ölmarkts erwachsen und mit denen erhebliche wirtschaftliche und gesellschaftliche Unwägbarkeiten verbunden sind. Diese sind umso brisanter, je mehr wie beim Öl- und tendenziell auch beim Gasmarkt die preisbeeinflussenden Faktoren und/oder Marktakteure außerhalb des politischen Einflussbereichs der nationalen Regierungen zu finden sind.

(1548) Aus der Perspektive der sozialen Veränderungen und Aufgaben sind folgende Aspekte zu beachten:

– Die optimale Allokation von Ressourcen erlaubt – selbst in einem idealtypischen Wettbewerbsprozess – noch keine Aussage über eine gerechte Verteilung von Einkommen und Vermögen oder über die ökologische Verträglichkeit der hierdurch induzierten Produktions- und Konsumweisen. Insofern ist Wettbewerb in Bezug auf langfristige gesellschaftliche Ziele wie Verteilungsgerechtigkeit oder Klimaverträglichkeit perspektivisch blind.

– Die Umstrukturierung des Energiesystems, im Zuge sowohl der Liberalisierung als auch einer klimaschutzorientierten Politik, erfordert die Umstrukturierung ganzer Wirtschaftszweige mit entsprechendem Beschäftigungsabbau. Dem stehen sich neu konstituierende aufstrebende Branchen gegenüber. Die darin angelegte gesellschaftliche Veränderung legt die Notwendigkeit für integrierende Maßnahmen durch die Politik nahe.

– Der Mangel an finanziellen Ressourcen und technischem Know-how insbesondere in Entwicklungsländern, aber auch in Transformations- und Schwellenländern erschwert oder verhindert den Aufbau eines nachhaltigen Energiesystems in diesen Ländern. Den Industrieländern erwächst daraus eine besondere Verantwortung.

(1549) Bei der Behandlung der Frage, welcher Strategien und Instrumente sich staatliches Handeln bedienen sollte, um dem Ziel der nachhaltig zukunftsfähigen Energiewirtschaft näher zu kommen, muss zunächst das Spannungsfeld zwischen den drei aufgezeigten Bedingungen beachtet werden. Bis zu einem gewissen Grade bestehen hier Zielkonflikte, d. h. die umfassende Erfüllung einer Bedingung mag die Erfüllung einer anderen beeinträchtigen. Andererseits existieren eine Reihe von Instrumenten, die simultan eine Verbesserung aller drei Zielaspekte ermöglichen („Win-Win-Situationen“ wie die Erschließung kosteneffektiver Effizienzpotenziale). Selbstverständlich sollte diesen Instrumenten stets Vorrang eingeräumt werden. Bei etwaigen Zielkonflikten sind transparente Abwägungen zwischen den einzelnen Bedingungen durchzuführen, wobei insbesondere die Gewichtungen der Zielaspekte offen dargestellt werden müssen und schließlich darüber demokratisch zu entscheiden ist.

(1550) Bei der Strategiewahl wird die Richtung der Veränderung im System festgelegt. Die Kommission ließ sich bei ihrer Festlegung von folgender Logik leiten:

– Zunächst sind die „Megatrends“ Globalisierung und Liberalisierung als weltweite Rahmenbedingungen zur Kenntnis zu nehmen, und es wird der Frage nachgegangen, in welcher Weise diese in der aktuellen Umsetzung Einfluss auf die Nachhaltigkeit der Energiewirtschaft nehmen.

– Anschließend wird die strategische Rolle des Staates im Kontext liberalisierter Energiemärkte unter Nachhaltigkeitsaspekten definiert (Kapitel 6.1.4).

– Ausgehend von einer No-Regret-Rationalität als Orientierungshilfe und konsensualer Einstiegsstrategie (Kapitel 6.1.5) wird zunächst unter dem Aspekt der wirtschaftlichen und sozialen Nachhaltigkeit der innovationsorientierten Technologiepolitik ein hoher strategischer Stellenwert zugewiesen, die sowohl unter Standortgesichtspunkten als auch im Hinblick auf den Technologietransfer in Drittländer beurteilt werden muss (Kapitel 6.1.6). Sie dient auch als Grundlage für die drei folgend dargestellten strategischen Bausteine: die Stärkung der Nachfrageorientierung durch rationelle Energienutzung (Kapitel 6.1.7), die Unterstützung eines breiten Einsatzes regenerativer Energieträger (Kapitel 6.1.8) und die besondere Rolle dezentraler Angebotstechnologien im Nachhaltigkeitskontext (Kapitel 6.1.9).

– Anschließend werden die Herausforderungen aufgezeigt, die nationalstaatlichem Handeln in Deutschland durch die politische Vernetzung innerhalb der EU sowie durch internationale Vereinbarungen und Verpflichtungen gesetzt sind (Kapitel 6.1.10).

– Abschließend wird der positive Wert von indikativer und konkreter Zielbestimmung gewürdigt, um in einem so langfristig angelegten Prozess, den der Weg zu einer nachhaltigen Energiewirtschaft darstellt, über Orientierungsmarken („Leuchttürme“) in der gesellschaftlichen und politischen Debatte zu verfügen (Kapitel 6.1.11).

– Schließlich wird mit einer Strategie speziell für Entwicklungs-, Schwellen- und Transformationsländer in einem gesonderten Abschnitt dem dort bestehenden akuten Finanz-, Know-How- und Technologiebedarf Rechnung getragen (Kapitel 6.2).

6.1.3 Globalisierung und Liberalisierung als Rahmen für eine nachhaltigere Energiewirtschaft

(1551) Die internationalen Prozesse der Globalisierung von Güter-, Kapital- und Dienstleistungsmärkten und die Liberalisierung der Energiemärkte (z.B. in der Europäischen Union) haben in der letzten Dekade den politischen und ökonomischen Rahmen, in dem Energieversorgung stattfindet, entscheidend verändert. Die sich daraus ableitenden spezifischen Marktbedingungen werden zum großen Teil auch langfristig prägend sein und damit den Handlungsrahmen für zukünftige Energiepolitik in wesentlichen Teilen eingrenzen.

(1552) Von diesem neuen Rahmen gehen einige positive Impulse aus, die zum energiepolitischen Ziel einer nachhaltigen Energiewirtschaft beitragen können. Neben den Chancen bestehen aber auch erhebliche Risiken für eine nachhaltige Energiewirtschaft, von denen sich einige aus der gegenwärtigen Phase der Markttransformation und Neukonstituierung des wettbewerbspolitischen Rahmens ergeben.

(1553) Aus der Globalisierung können folgende Chancen für eine nachhaltige Energiewirtschaft erwachsen:

– Globalisierung und Liberalisierung tragen unter den Rahmenbedingen eines funktionsfähigen Wettbewerbs zur generellen, wettbewerblich bedingten Effizienzsteigerung und Kostensenkung bei.

– Im Zuge der Globalisierung können Entwicklungsländer bei einer partnerschaftlichen Entwicklungszusammenarbeit in größerem Ausmaß am Kapital-, Know-how- und Technologietransfer für nachhaltige Energietechnologien Anteil haben. In der Folge kann das technische Potenzial, das deren geografische und klimatische Lage bietet, besser genutzt werden.

– Gleichzeitig erschließen sich Anbietern von Energieeffizienztechnologien und erneuerbaren Energien neue Absatzmärkte.

(1554) Einer positiven Entwicklung stehen allerdings auch problematische Seiten der Globalisierung entgegen:

– Die Effizienzgewinne der Globalisierung sind offenkundig bisher vorwiegend den Industriestaaten zugute gekommen. Die Bekämpfung der Armut bleibt eine zentrale Herausforderung für nachhaltig zukunftsfähige Entwicklung.

– Politische Gestaltungsmöglichkeiten werden begrenzt, wenn nationalstaatliche Einflussmöglichkeiten verloren gehen, ohne dass sich entsprechende Strukturen einer Global Governance herausbilden.

– Durch den ungehinderten Im- und Export veralteter, umweltbelastender bzw. wenig energieeffizienter Anlagen und Energieträger in die und aus den Schwellen-, Entwicklungs- und Transformationsländer können Bemühungen um eine nachhaltige Energiewirtschaft konterkariert werden.

– Mit der zunehmenden Globalisierung geht bisher die Ausweitung des weltweiten Transportaufkommens einher, was ohne den entsprechenden technischen Wandel zu erheblichen Problemen führen wird.

(1555) Aus der Liberalisierung der leitungsgebundenen Energiemärkte in Europa und dem gegenwärtigen Stand der Umsetzung ergeben sich aber auch durchaus Chancen für eine nachhaltige Energiewirtschaft:

– Mit der Beseitigung der rechtlichen Marktzugangsbarrieren (Aufhebung geschützter Versorgungsgebiete) wird den Verbrauchern und Weiterverteilern grundsätzlich der Versorgerwechsel möglich.

– Neue Akteure treten auf dem Energiemarkt auf; neue, auch ausländische, Anbieter wie unabhängige Erzeuger (IPPs), Händler oder Dienstleister ergänzen das Produktspektrum, neue Handelsformen (Börsen, e-business) in einer vielfältigen Unternehmenslandschaft entstehen. Neben den etablierten Energieversorgern positionieren sich unabhängige Händler auf dem sich entwickelnden Markt für prädikatisierte Produkte („grüner Strom“, KWK, Biotreibstoffe). Als eine Konsequenz kann Energie (insbesondere Elektrizität) im Bewusstsein der Endverbraucher zu einer Ware mit neuen Qualitäten (z.B. umweltschädigend oder umweltschonend) werden, die in der Kaufentscheidung berücksichtigt werden können.

– Zur Differenzierung gegenüber Konkurrenten werden neue Produktangebote entwickelt, die auf Kundenbedürfnisse zugeschnitten sind, vorwiegend im Bereich der Industriekunden (Contracting, Energiedienstleistungen etc.). Diese lassen sich auch mit Energieeffizienzmaßnahmen und dem Einsatz dezentraler, erneuerbarer Energietechnologien kombinieren.

– Die Liberalisierung der Strom- und Gaswirtschaft beeinflusst nicht nur manche technologische Entwicklung, sondern auch umgekehrt beeinflussen technologische Entwicklungen die Möglichkeiten der Liberalisierung. Vor allem im Bereich der dezentralen Stromerzeugung können innovative technische Konzepte (virtuelle Kraftwerke, intelligente Netze) neue Marktstrukturen entstehen lassen.

(1556) Dem stehen folgende Risiken bzw. Nachteile gegenüber:

– Die erweiterten Handlungsmöglichkeiten und der Kostendruck führten zu einer Reihe von Übernahmen, Fusionen und Allianzen mit dem Ziel, die Position der Unternehmen auf dem europäischen Markt zu verbessern. Die deutsche und europäische Unternehmenslandschaft sieht sich grundlegenden Veränderungsprozessen ausgesetzt, in deren Verlauf zahlreiche unabhängige Versorger vom Markt verschwunden sind bzw. noch verschwinden werden. Es besteht die Gefahr, dass sich in Europa oligopolistische Strukturen mit nahezu unkontrollierbarer Marktmacht herausbilden.

– Die erste Stufe der Strommarktliberalisierung in Deutschland ist durch einen Verdrängungswettbewerb

geprägt. Die Preise vor allem für Weiterverteiler und industrielle Großkunden entsprechen z. T. nicht einmal den variablen Kosten der Stromerzeugung. Der sich daraus ergebende ruinöse Wettbewerb für Unternehmen mit anderen Kostenstrukturen verändert deren Planungsgrundlage und gefährdet den Bestand ökologisch effizienter und dezentraler Anlagen (KWK), soweit diese nicht aufgrund neuerer gesetzlicher Regelungen finanziell unterstützt werden. Diese nur kurzfristig mögliche Preisstrategie erschwert zudem Energiesparaktivitäten und den Verkauf von Energiedienstleistungen, weil diese nicht – wie es volkswirtschaftlich geboten wäre – gegen die gesamten Systemkosten eines neuen Stromangebots, sondern gegen die Dumpingpreisangebote aus abgeschriebenen Altanlagen konkurrieren müssen.

- Im Zuge der schnellen Umsetzung der Liberalisierung in Deutschland sind innerhalb kürzester Zeit in der leitungsgebundenen Energiewirtschaft rund ein Viertel der Arbeitsplätze entfallen, wodurch erhebliche soziale Probleme entstanden sind.
- Unsicherheiten über die zukünftige Preisentwicklung können dazu führen, dass Unternehmen zur Risikominimierung ihren Planungen nunmehr kurze Investitionszeiträume zugrunde legen und nur noch zögerlich und vor allem wenig kapitalintensive Investitionen tätigen. Dies kann zu Versorgungsproblemen führen.
- Auch andere Unternehmensinvestitionen geraten unter einen strikten Wirtschaftlichkeitsvorbehalt: neben Maßnahmen zur Sicherung der Versorgungssicherheit sind davon auch Forschung und Entwicklung in den einzelnen Unternehmen betroffen.

(1557) Aus den Chancen und Risiken von Globalisierung und Liberalisierung lässt sich für eine politische Strategie, die auf die Transformation hin zu einer nachhaltigen Energiewirtschaft abzielt, zweierlei ableiten: Zum einen wird ein Rahmen, vor allem geprägt durch das Wettbewerbsprinzip und die Internationalität der Märkte, vorgegeben, innerhalb dessen politische Maßnahmen wirksam werden und sich im Hinblick auf Nachhaltigkeit auch positive Entwicklungen entfalten können. Diese gilt es zu berücksichtigen und nutzen. Zum anderen zeigten die gegenwärtige Durchsetzung der beiden „Megatrends“ und die sich darin abzeichnenden Risiken, dass der Rahmen durch eine zielgerichtete politische Strategie zusammengehalten werden muss, um etwa funktionierende Märkte und die Eingrenzung sozialer Verwerfungen zu ermöglichen.

6.1.4 Der Staat als Wettbewerbshüter und Nachhaltigkeitsakteur im Kontext liberalisierter Energiemärkte

(1558) Bereits im Ersten Bericht wurde angesprochen, dass der Wettbewerb auf den Energiemärkten durch staatlich festgelegte Spielregeln flankiert werden muss, um negative Auswirkungen des energiewirtschaftlichen Handelns auf die Umwelt zu vermeiden oder zu begrenzen. Dabei geht es nicht darum, den Wettbewerb aufzuheben oder zu behindern, sondern ihn angesichts der starken Angebotskonzentration und Marktbeherrschung zunächst funktionsfähig zu machen. Erst wenn diese ordnungspolitischen Voraussetzungen geschaffen sind, gilt es die Marktmechanismen so zu nutzen und durch Rahmenbedingungen so zu steuern, dass Umweltschutz und Ressourcenschonung möglichst zum Eigeninteresse der Marktakteure werden. Anreizmechanismen, die bisher die Ausweitung des Energieangebots begünstigen, müssen so umgekehrt werden, dass Energieeinsparung und rationelle Energienutzung sich bezahlt machen. Im Sinne der eingangs aufgeworfenen Probleme heißt dies, dass dem unregulierten Prozess des reinen Preiswettbewerbs eine neue Zielrichtung hinsichtlich Qualitätswettbewerb sowie Klima- und Ressourcenschutz gegeben werden muss. Durch eine Ausdifferenzierung von Leitbildern und durch quantifizierte Leitziele kann ein hinreichend konkreter Maßstab für die Ausgestaltung des wettbewerblichen und regulativen Rahmens entwickelt werden.

(1559) Vor dem Hintergrund der genannten Herausforderungen an die Energiepolitik tritt daher eine „Neudefinition“ der Rolle des Staates ein. Dabei treten folgende energiepolitischen Aufgaben des Staates als wesentlich in den Vordergrund:

- den Wettbewerb auf den Energiemärkten durch die Etablierung eines geeigneten Ordnungsrahmen zu ermöglichen und zu sichern, und Markthemmnisse zu beseitigen;
- externe Effekte zu internalisieren,
- energiepolitische Ziele zu formulieren,
- Innovationen zu fördern sowie die Marktergebnisse in periodischen Abständen darauf zu überprüfen, ob die intendierte Ziele wie Klima- und Ressourcenschutz auch tatsächlich erreicht werden.

(1560) In Erfüllung dieser Aufgaben, das heißt bei der Wahrnehmung des Primats der Politik und energiepolitischer Steuerungsaufgaben (Rahmensetzung), muss ein vorsorgender Staat zwei wesentliche Funktionen miteinander vereinbaren und verwirklichen:

(1561) Der Staat tritt erstens als Hüter und Organisator eines funktionsfähigen Wettbewerbs auf. Hier liegt seine Aufgabe darin, die rechtlichen und materiellen Bedingungen der jahrzehntelang durch rechtliche Privilegien geschützten Monopolwirtschaft abzubauen und faire Wettbewerbsbedingungen für Anbieter und Nachfrager nach Energiedienstleistungen auf den leitungsgebundenen Energiemärkten zu etablieren und langfristig zu garantieren. Eine wesentliche Voraussetzung dafür, dass die positiven Wirkungen des Wettbewerbs zur Geltung kommen können, ist eine ausreichende Anzahl und der ungehinderte Marktzugang von Akteuren oder Marktteilnehmern, die verhindern, dass sich auf dem Energiemarkt und seinen sektoralen Teilmärkten wenige Akteure marktbestimmend durchsetzen. Nur so kann eine positive Effekte stimulierende Konkurrenzsituation aufrecht erhalten bleiben. Entscheidend zur Stärkung der Akteure trägt eine ausreichende Transparenz hinsichtlich der wesentlichen Marktparameter (Preise, Kosten, Nachfrage, Angebot, Umweltqualitäten,

etc.) bei, ohne die keine soliden Marktentscheidungen getroffen werden können.

(1562) Zweitens fällt dem Staat die Rolle des „Gestalters des energiewirtschaftlichen Transformationsprozesses“ zu einer nachhaltigen Energiewirtschaft zu. Das bedeutet in technischer Hinsicht, die traditionelle Struktur der leitungsgebundenen Energiewirtschaft mit ihrem Schwerpunkt auf großtechnischen Angebotssystemen zielorientiert umzuwandeln und umweltfreundlichen, dezentralen Technologien sowie nachfrageseitigen Versorgungsangeboten (Energiedienstleistungen) und Effizienztechniken den Marktzutritt zu öffnen und ihre wirtschaftlichen Chancen zu nutzen. Konkret erfordert dies die stärkere Konzentration staatlicher Aktivitäten auf jene Bereiche, in denen es gilt, bestehende Restriktionen für die Energieeffizienz und die Nutzung erneuerbarer und dezentraler Energien abzubauen und die F&E-Aktivitäten auf diesen Technikfeldern prioritär voranzutreiben. In akteursbezogener Hinsicht bedeutet die Gestalterrolle des Staates,

- den Marktakteuren dezentraler neuer Angebotsoptionen einen fairen Marktzutritt zu ermöglichen und sie vor der Verdrängung durch etablierte marktbeherrschende Akteure zu schützen;
- denjenigen Akteuren, die die Nachfrageeffizienz beim Verbraucher steigern können, ein level playing field gegenüber den Angebotsoptionen zu ermöglichen;
- öffentliche Körperschaften, insbesondere aber die Gebietskörperschaften zu stärken, die den Transformationsprozess verbrauchernah und umweltverträglich durch die entsprechende Infrastrukturbegleitung ermöglichen müssen;
- den Verbrauchern die notwendige Markttransparenz zu verschaffen und sie in den Prozess partizipatorisch einzubeziehen.

(1563) Zusammenfassend ist es Auffassung der Enquete-Kommission, dass das gegenwärtige Leitkonzept einer vorwiegend ökonomisch definierten Deregulierung und des unregulierten Preiswettbewerbs durch ein innovatives Konzept der Re-Regulierung zum Schutze der Umwelt und sozialer Ziele fortgeschrieben werden muss. Durch diese erweiterte Zielorientierung und durch neue Rahmensetzung sowie durch die Institutionalisierung von Regeln für die Erhöhung der Wettbewerbsintensität auf den Märkten für Energiedienstleistungen übernimmt der Staat – im Sinne des Primats der Energiepolitik – eine aktive Rolle.

6.1.5 No-Regret-Strategie als Orientierungshilfe auf dem Weg zu einer nachhaltigen Energiewirtschaft

(1564) Unter No-Regret-Optionen werden in der internationalen Klimaschutzdiskussion diejenigen Maßnahmen verstanden, die CO_2-Reduktionen zu negativen volkswirtschaftlichen Kosten erreichen – die also Geld einsparen. Dies ist immer dann der Fall, wenn die ökonomischen Vorteile dieser Maßnahmen höher sind als die Kosten für ihre Durchführung oder sie keine Kosten verursachen. Angestrebt wird also eine Least-Cost-Situation für die Volkswirtschaft im Sinne einer statischen Allokation der Ressourcen, die zunächst die Klimaschutzziele ausklammert.

(1565) Aus verkürzter einzelwirtschaftlicher Sicht könnte argumentiert werden, dass es diese Optionen überhaupt nicht gibt, da in der konkurrenzgesteuerten Ökonomie, in der jeder Akteur seinen Nutzen bzw. Gewinn maximiert, diejenigen Maßnahmen, deren Nutzen ihre Kosten übersteigt, im Selbstlauf durchgeführt werden.

(1566) Dies Argumentation greift jedoch zu kurz, da sie

- die vielfältigen Marktverzerrungen und Markthemmnisse übersieht,[4] die in der realen Welt häufig zu suboptimalen Entscheidungen führen;
- nicht berücksichtigt, dass es gezielte Maßnahmen gibt, die in der Lage sind, diese Marktverzerrungen und Markthemmnisse zu überwinden, ohne dass ihre Kosten den Umfang des ökonomischen Nutzens übersteigen würden.

(1567) Strittig ist daher insbesondere der Potenzialumfang von No-Regret-Optionen, nicht jedoch ihre Existenz.

(1568) Im eng verstandenen Sinne umfassen No-Regret-Optionen insbesondere folgende Maßnahmen:

- Ausschöpfung von kosteneffizienten Energieeffizienzpotenzialen unter Berücksichtigung der Investitionszyklen;
- Abbau von ökologisch schädlichen Subventionen für Energieträger und Technologien;
- Ermöglichung einer fairen Marktchance für Betreiber klimaverträglicher Anlagen (wie z. B. KWK-Anlagen, Anlagen regenerativer Energienutzung)

(1569) Im Focus einer No-Regret-Strategie steht demnach die optimale Allokation der volkswirtschaftlichen Ressourcen.[5]

(1570) Eine sinnvolle und ganzheitliche No-Regret-Strategie sollte allerdings bestrebt sein, reine No-Regret-Optionen mit solchen Maßnahmen zu kombinieren, deren Kosten höher sind als ihr unmittelbarer ökonomischer Nutzen, um in der Summe ein kostenneutrales bzw. ökonomisch tragfähiges CO_2-Reduktionspaket schnüren zu können. Der Umfang der CO_2-Reduktion eines solchen Gesamtpaketes wäre nach allen Untersuchungen ungleich höher als lediglich die Ausschöpfung der No-Regret-Optionen. In diesem Sinne möchte die Kommission auch ihren Vorschlag für ein Maßnahmenbündel verstanden wissen.[6]

---

[4] Vergleiche Kapitel 6.3.2.

[5] Mitunter werden Nebenziele wie beispielsweise Begrenzung der Risiken von Importabhängigkeit, Unterstützung der Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen, Unterstützung von wirtschaftlichem Wachstum, Schaffung von zusätzlichen Arbeitsplätzen, Erreichung von Umweltschutzzielen ebenfalls unter eine No-Regret-Strategie subsummiert (Vgl. BMWi 2001), wodurch diese Strategie bis zur Unkenntlichkeit verfälscht wird. Daher soll hier an der engen Begriffsauslegung festgehalten werden.

[6] Vergleiche Kapitel 6.4.

6.1.6 Nachhaltige Energiewirtschaft durch eine innovationsorientierte Technologiepolitik

(1571) Das Ziel, ein nachhaltiges Energiesystem mit dem dazu erforderlichen Strukturwandel zu verwirklichen, ist direkt verbunden mit dem Erfordernis, technologische genauso wie soziale und organisatorisch-institutionelle Innovationen intensiv und gezielt nutzbar zu machen. Erforderlich sind beispielsweise Innovationen, die dazu beitragen, die notwendigen Effizienzgewinne bei der Wandlung und Nutzung von Energie über das als business as usual zu bezeichnende Maß von 1 bis 2 Prozent pro Jahr hinaus erheblich zu steigern. Weiter bedingt der angestrebte hohe Deckungsanteil von regenerativen Energiequellen die ehrgeizige Nutzung des gesamten Spektrums dieser Quellen. Auch dies ist nicht ohne beschleunigte Innovationen sowohl bei der Erzeugungstechnologie als auch in der Anwendungsperipherie möglich.

(1572) Die im Bericht als notwendig und möglich aufgezeigten Innovationen für ein nachhaltiges Energiesystem sind jedoch nicht auf den Energiesektor beschränkt, sondern durchziehen alle Sektoren der Wirtschaft. In der Konsequenz wird Innovation zu einer zentralen Aufgabe von Technologiepolitik insgesamt. Allerdings sieht sich Technologiepolitik unter den Bedingungen der Globalisierung und wachsender Weltmarktkonkurrenz verstärkt mit einer Entwicklung des technischen Fortschritts konfrontiert, der primär auf Kostensenkung und Rationalisierung zu Lasten von Umwelt und Arbeitsbedingungen setzt. Dem entgegensteuernd sollte Technologiepolitik im Sinne einer ökologischen Modernisierung darauf fokussiert werden, dazu beizutragen, dass der Qualitäts- und Innovationswettbewerb auf Umweltqualitäten und auf Umwelt- und Klimaschutz ausgerichtet wird. Die Kommission sieht darin ein zentrales Element zur Lösung der Nachhaltigkeitsprobleme.

(1573) Für eine derart fokussierte Innovationsstrategie spricht auch, dass sie zur Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit der beteiligten Unternehmen und der Wirtschaft insgesamt beiträgt. Aufgrund des weltweit noch stark ansteigenden Bedarfs an Energiedienstleistungen sind expandierende Investitionsvolumina in diesen Bereichen vergleichsweise sicher, da die Nachfrage nach rationeller Energieumwandlungs- und -nutzungstechnik langfristig weiter wachsen wird. Gleichzeitig bringen ökologisch vorteilhafte Innovationen häufig Kostensenkungen und Wettbewerbsvorteile auch für die beteiligten Unternehmen mit sich. Die durch die Konfrontation mit Umweltproblemen und Klimaschutzerfordernissen ausgelösten Innovationen können so zu einem Motor der Modernisierung der Wirtschaft werden. Folglich ergibt sich einerseits aus Nachhaltigkeitsgründen die zwingende Notwendigkeit, andererseits aber auch die wirtschaftliche Chance, den energie- und ressourcensparenden technischen Fortschritt zu beschleunigen.

(1574) Auch im internationalen Wettbewerb sind mit einer auf Innovationen setzenden Strategie der ökologischen Modernisierung Vorteile verknüpft, insbesondere dann, wenn es einem Industriezweig gelingt, eine internationale Vorreiterrolle einzunehmen und Zukunftsmärkte für spezifische Technologien als erster zu bedienen (first-mover-advantage). Vor allem in hochindustrialisierten Volkswirtschaften wie der Deutschlands könnte sich ein frühes Engagement für umwelt- und energietechnische Innovationen, wie dies bereits in der Vergangenheit der Fall war, auch in Zukunft in vielen Fällen als ein positiver Wettbewerbsfaktor erweisen. Anders als auf den Märkten für arbeitsintensive Industriegüter, auf denen hochentwickelte Industrieländer im reinen Preiswettbewerb gegenüber Schwellen- und Transformationsländern zunehmend geringere Chancen haben werden, ist die Erschließung von Innovationsmärkten auf die Kapazitäten einer spezialisierten Wissensökonomie und Forschungsinfrastruktur angewiesen, wie sie in Deutschland vorhanden sind.

(1575) Ein wesentliches Element einer innovationsorientierte Technologiepolitik stellt eine aktive Technologieforschungsförderung und Markteinführungsstrategie für dezentrale, erneuerbare und Effizienztechnologien dar. Diese Markteinführungsstrategie ist dann am wirkungsvollsten, wenn sie gezielt an dem jeweiligen Entwicklungsstand, den konkreten Bedingungen und Anforderungen und dem jeweiligen Kostenniveau der spezifischen Technologien ansetzt und die vorhandenen technisch-wirtschaftlichen und organisatorischen Kapazitäten bzw. Markteinführungshemmnisse für die jeweiligen Akteure berücksichtigt.

(1576) Weiteres Element einer solchen Technologiepolitik sind Maßnahmen zur Unterstützung des Exports, um damit den Know-how- und Technologieexport in Entwicklungsländer mit modernster Energietechnik aktiv voranzutreiben. Zum einen hat sich die institutionelle, organisatorische und finanzielle Unterstützung in der Anbahnung und Abwicklung von Exportgeschäften insbesondere für mittelständische Unternehmen häufig als unabdingbar erwiesen. Zum anderen impliziert eine aktive Exportpolitik auch die frühzeitige Ausrichtung der technischen Forschung auf den Bedarf und die strategische Zielsetzung in Exportländern. Entscheidende Voraussetzung für eine am Ziel der Nachhaltigkeit ausgerichteten Exportförderung muss aber sein, dass die Kriterien und Prüfmechanismen z. B. bei der Vergabe von Hermes-Bürgschaften die Erreichung von Nachhaltigkeitszielen nachprüfbar fördern. Dabei ist zu berücksichtigen, dass es ein entscheidender Vorteil für die Exportfähigkeit von Techniken, Geräten, Produkten oder von Dienstleistungen sein kann, Innovationen zunächst im Inland erfolgreich zu demonstrieren – auch um den Übergang von der Forschung in marktnahe Entwicklung ausreichend breit zu etablieren. Insofern dient eine an den Kriterien von Nachhaltigkeit orientierte Technikentwicklung im Inland auch gleichzeitig als Schaufenster und Katalysator für potentielle Exportmärkte.

(1577) Darüber hinaus könnten Exportchancen durch neue Formen der bilateralen und multilateralen Kooperation, durch Joint Ventures und durch innovationsfördernde Regeln für die Kioto-Mechanismen verbessert werden. Gleichzeitig könnte damit das Ziel verfolgt werden, dass ein wachsender Anteil moderner Energietechniken auch den Entwicklungs- und Schwellenländern zugute kommt bzw. mit einem weit höheren Anteil als bisher

in diesen Ländern auch in Kooperationsprojekten direkt hergestellt wird. Dies kann letztlich dazu beitragen, dass der Modernisierungsdruck, der durch die Anforderungen des Klimaschutzes und eines nachhaltigen Energiesystems entsteht, nicht durch den Export von veralteter Technologie in Entwicklungs- und Schwellenländer abgebremst wird.

(1578) Nicht zuletzt ist auch eine aktive Bildungs- und Wissenschaftspolitik entscheidender Bestandteil einer innovationsorientierten Technologiepolitik. Es erscheint zielführend, am Ziel der Nachhaltigkeit orientierte, trans- und interdisziplinäre Verbundforschung an den Universitäten und anderen Forschungsinstitutionen personell und finanziell zu etablieren und auch die notwendige Grundlagenforschung im Sinne einer Nachhaltigkeitsforschung zu stärken.[7] Gleichzeitig ist es im Hinblick auf die Anwendung sinnvoll, die frühzeitige Kooperation mit Anwenderindustrien und Unternehmen zu unterstützen. Neben den technisch-orientierten Fachgebieten sind auch wirtschaftliche und sozialökologische Fachrichtungen zu integrieren. Wie das vorangegangene Kapitel 4 verdeutlichte, besteht eine Vielzahl von konkreten Ansatzpunkten für eine derartige, auf technisch-wirtschaftliche Innovationen und Modernisierungschancen ausgerichtete Politik. Entscheidend ist dabei, dass diese Innovations- und Modernisierungspolitik in den jeweiligen Curricula, Forschungsfeldern und Anwendungsbereichen konkret an den Zielen von Nachhaltigkeit ausgerichtet wird. Dafür werden differenzierte und handlungsleitende Leitbilder, Kriterienkataloge und Leitindikatoren benötigt, deren Entwicklung zügig vorangetrieben werden sollte.

(1579) Die hier nur ansatzweise skizzierte innovationsorientierte Technologiepolitik kann, wenn sie konsequent angewendet wird, durch ihre beschäftigungsfördernden Wirkungen einen erheblichen Beitrag zur Schaffung neuer bzw. zum Erhalt bestehender Arbeitplätze leisten. Mit Blick auf eine umfassende Strategie zum Aufbau eines nachhaltigen Energiesystems bietet sich die Förderung neuer energiebezogener Unternehmenszweige an, die qualifizierte Beschäftigungsmöglichkeiten bieten. Dies umfasst auch die wettbewerbliche Stärkung existierender Branchen (vor allem des Handwerks) durch entsprechende Weiterqualifizierung, z. B. mit dem Ziel der Integration von Energiedienstleistungsangeboten in das traditionelle Leistungsspektrum.

6.1.7 Stärkere Nachfrageorientierung durch rationelle Energienutzung

(1580) Die Erfahrungen aus energiepolitischen Bestrebungen, nachfrageseitige Effizienztechnologien und ihre Potenziale in das gesellschaftliche Bewusstsein zu bringen, zeigen, dass dieser Versuch (neben wirtschaftlichen und strukturellen Hemmnissen) mit erheblichen gesellschaftlichen Transaktionshemmnissen verbunden ist. Trotz ihrer häufig anzutreffenden wirtschaftlichen Vorteile ist es für viele dieser neuen und nach Kategorien der Mediengesellschaft unscheinbaren Technologien und Handlungsoptionen bisher nur ansatzweise gelungen, eine umfassende gesellschaftliche Nutzungsbereitschaft und Attraktivität zu entwickeln. Energiesparen und Energieeffizienz werden zwar in vielen Ländern in Meinungsumfragen besonders positiv bewertet, aber die konkrete Investitions- und Handlungsbereitschaft steht in auffallendem Widerspruch zu dieser abstrakt bekundeten gesellschaftlichen Akzeptanz. Insgesamt wird die Bedeutung von Effizienztechnologien für eine nachhaltige, umweltfreundliche Energiewirtschaft und die individuellen Handlungsmöglichkeiten für deren Anwendung weit unterschätzt. Dies gilt im Haushaltbereich für die Wahl hocheffizienter Haushaltsgeräte ebenso wie beim Bau von Niedrig- und Passivhäusern, aber auch für den Kauf von brennstoffsparenden Fahrzeugen. Auch in der Wirtschaft und insbesondere bei KMUs sind große prinzipiell wirtschaftliche Einsparpotenziale bei Wärme und Strom nachgewiesen worden,[8] die wegen einer Vielzahl sektor- und technikspezifischer Hemmnisse nicht umgesetzt werden.

(1581) Ein wesentliches Hemmnis ist auch, dass konzeptionell und in der praktischen Unternehmens- und Wettbewerbspolitik häufig ungeklärt ist, inwieweit in energierelevanten Wettbewerbsprozessen Energie oder Energiedienstleitungen[9] gehandelt werden: Bei Analysen der leitungsgebundenen Energiewirtschaft werden Kosten- und Wettbewerbsfragen häufig nur für Marktformen diskutiert, die bei der Bereitstellung von Endenergie (z. B. kostenminimale Bereitstellung von Elektrizität oder von Wärme) enden (direkter Wettbewerb zwischen Endenergie-Anbietern). In der Realität werden aber zunehmend auch Energiedienstleistungen vermarktet. So kann die Energiedienstleistung „Beleuchtung eines Gebäudes“ durch ein Paket aus Beleuchtungstechnologie, Wartung und Instandhaltung sowie Strom bereitgestellt und auf der Basis von €/m^{2}a verkauft und abgerechnet werden. Oder: Kühlen und Gefrieren im Haushalt kann auf Basis einer Monatsrate abgerechnet werden, die die Gerätemiete, Wartung und Instandhaltung sowie die Stromkosten ent-

[7] Vergleiche Kapitel 6.3.5.

[8] Vergleiche Kapitel 4.3.

[9] Vergleiche Analyseraster im Anhang. Nach der dort gegebenen Definition sind „Energiedienstleistungen die aus dem Einsatz von Nutzenergie und anderen Produktionsfaktoren befriedigten Bedürfnisse bzw. erzeugten Güter. Energiedienstleistungen sind z. B.: Beleuchtung mit einem ausreichenden Niveau, warme Räume (z. B. in kWh/m^{2}a), gekühlte Lebensmittel, Transport (z. B. in Pkm oder tkm) oder Herstellung von Produkten (z. B. in Tonnen). Die Bereitstellung von Energiedienstleistungen erfordert eine Kombination von Energiewandlertechnik, Endenergie und ggf. auch von anderen Dienstleistungen (z. B. Beratung, Management). Die Energiedienstleistung „warme Räume“ wird z. B. durch die Umwandlung von Endenergie (z. B. Erdgas, Öl) durch eine Wandlertechnologie (z. B. Heizkessel) innerhalb eines Gebäudes (z. B. mit Niedrigenergiehaus-Standard) bereitgestellt. Die Bereitstellung von Energiedienstleistungen ist im **technischen Sinne energieeffizient,** wenn durch entsprechend effiziente Technologien, Prozessführung, Gebäude oder Dienstleistungen ein möglichst geringer Aufwand an Primärenergie für einen jeweils definierten Nutzen anfällt; energieeffiziente Technologien und Dienstleistungen sind ihrerseits Kombinationen der Produktionsfaktoren Kapital, Arbeit (Humankapital, Know-how, Verhalten) und natürlicher Ressourcen.

hält. Die Bereitstellung und der Verkauf dieser Formen von Energiedienstleistungen bilden das Geschäftsfeld von Energiedienstleistungsunternehmen. Insofern führt auf Märkten für Energiedienstleistungen nur eine simultane Optimierung über alle Produktionsstufen der (physikalischen) Energiedienstleistungen zu einer effizienten Allokation der Ressourcen, d. h. zu einer kostenminimalen Bereitstellung von Energiedienstleistungen („least cost“). Diese nicht leicht zu vermittelnden Barrieren für die Markteinführung von REN-Techniken findet in vielerlei Hinsicht ihre Entsprechung in der politischen Arena. Der Verwirklichung von REN-Strategien wird vergleichsweise geringe politische Aufmerksamkeit gewidmet, und sie erfährt ausweislich der Forschungsberichte aller Bundesregierungen wesentlich geringere finanzielle Förderung als Energieangebotstechnologien.

(1582) Ein besonders bedeutsames Defizit liegt darin, dass REN-Strategien über ein vergleichsweise schwaches politisches Netzwerk aus staatlichen und nicht-staatlichen Akteuren verfügen. Wegen der Vielfalt der Hersteller, Techniken, Einsatzbereiche und Investoren haben die Techniken der rationellen Energienutzung trotz ihrer erheblichen wirtschaftlichen Bedeutung keine mit der Energieangebotsseite vergleichbaren einflussreichen „Lobbys“. Hinzu kommt, dass oft erst durch das integrierte Zusammenwirken von mehreren Akteuren im Rahmen technisch komplexer Systemlösungen (z. B. bei elektrischen Antriebssystemen oder Gebäudeplanungen) große und wirtschaftlich attraktive Kosteneinsparungen erreicht werden.

(1583) Neben der oben angesprochenen technischen und strukturellen Komplexität vieler Effizienztechnologien und -ansätze spielt auch die fehlende bildhafte Vermittelbarkeit, z. B. von „unsichtbaren“ Stromverbräuchen, als Hemmnis eine Rolle. Energiesparpotenziale kann man nur messen, Energieangebotstechniken dagegen sinnlich erfassen. Zudem fehlen in einem traditionell durch (scheinbar) ständig verfügbare Energieangebote und durch Versorgungsmentalität dominierten energiepolitischen Paradigma die notwendigen Assoziationspunkte, die ein selbstverständliches Einbinden energiesparender Investitions- und Verhaltensweisen in bestehende Routinen und Denkmuster erleichtern würden. Diese Faktoren erschweren es, mediengerechte Handlungsmöglichkeiten zu entwickeln und damit öffentliche Unterstützung zu generieren.

(1584) Aufgrund der großen Bedeutung, die REN-Strategien für eine nachhaltige Energiewirtschaft zukommt, sind jedoch dringend Ansätze gefragt, um diese Restriktionen und gesellschaftlichen Transaktionshemmnisse zu überwinden und der rationellen Energienutzung so ein level playing field auf dem Energiemarkt zu verschaffen.

(1585) Da mit diesem Ziel organisierte Interessengruppen häufig nicht existieren oder nicht mit der erforderlichen politischen Durchsetzungskraft ausgestattet sind, fällt dem Staat auf allen politischen Ebenen (Bund, Länder, Gemeinden) bei der Umsetzung einer Nachhaltigkeitsstrategie eine besondere Verantwortung für die Förderung von REN-Aktivitäten und entsprechender strategischer Allianzen zu.

6.1.8 Stärkung der dynamischen Entwicklung regenerativer Energietechnologien

(1586) Weltweit zählt Deutschland aufgrund seiner Politik zur Förderung des Ausbaus der erneuerbaren Energien inzwischen zu den Vorreitern in diesem Politikfeld. Seit Verabschiedung des Stromeinspeisegesetzes im Jahr 1991 und begleitender Regelungen[10] weisen alle REG-Technologien Zuwächse auf – allerdings in sehr unterschiedlichem Ausmaß.[11] Insbesondere die Nutzung der Windenergie hat durch die Vergütungs- und Verfahrensregelungen des Stromeinspeisegesetzes und dann des EEG[12] enorme Zuwachsraten von 30 % bis 40 % der Kapazitäten im Jahr 2001 erfahren, und es ist die größte und eine international konkurrenzfähige Windindustrie entstanden. Die REG-Branche insgesamt, deren Rahmenbedingungen durch das EEG und Marktanreizprogramme seit 1998 entscheidend verbessert werden konnten, bietet inzwischen etwa 120 000 Menschen Beschäftigung. Diese Erfolge gilt es nach Auffassung der Enquete-Kommission durch die angemessene Fortführung der Gesetze und Programme zu verstetigen und entscheidend auszubauen, bis eine selbsttragende Entwicklung eingetreten ist.

(1587) Unverzichtbar ist dies aufgrund der Tatsache, dass der überwiegende Einsatz erneuerbarer Energien, gekoppelt mit um ein Vielfaches erhöhter Energieeffizienz, langfristig die einzige Alternative zur Versorgung durch fossile und atomare Energieträger und damit konstitutives Element eines nachhaltigen Energiesystems ist. Um die dafür notwendige technische (Fort)Entwicklung zur Erschließung der vielfältigen Potenziale im Strom- und Wärmesektor[13] bzw. ihre Marktdurchdringung zu ermöglichen, ist es aufgrund der für Technikentwicklung notwendigen Zeit und aufgrund der langen Investitionszyklen energietechnischer Systeme jedoch zwingend, die Weichenstellungen dafür schon jetzt vorzunehmen und mit langfristiger Perspektive zu versehen.

(1588) Aber auch aus ökonomischer Sicht ist die Fortführung einer Unterstützung von REG gerechtfertigt, da

---

[10] Zum Beispiel steuerrechtliche Zulassung von Betreibergesellschaften, vielfältige Förderprogramme der EU, des Bundes, der Länder, Kommunen und einzelner Unternehmen (auch EVUs) sowie Forschungsförderung.

[11] Vergleiche Kapitel 4.3.6.

[12] Die Erfahrungen mit dem Stromeinspeisegesetz und vielen Förderprogrammen haben deutlich gemacht, dass für den Erfolg von fördernden Regelungen die Kalkulierbarkeit (und Einfachheit) in juristischer, ökonomischer und verfahrenstechnischer Hinsicht von entscheidender Bedeutung ist. Mindestens ebenso entscheidend war die Öffnung des Marktes für außenstehende Investoren, deren Interessen anders als bei der Mehrheit der traditionellen Energieversorgungsunternehmen nicht mit dem Interesse nach Verwertung bestehender Kraftwerke kollidieren. Diese Bedingungen sind – das zeigen mehr als zehn Jahre Erfahrung – durch ein Gesetz leichter zu erreichen als durch Förderprogramme. Die bisher beobachtbaren Wirkungen des EEG bestätigen diese Aussage, denn nach einer Anlaufphase haben **alle** EE-Stromerzeugungstechnologien eine deutliche Wachstumsdynamik entwickelt.

[13] Vergleiche Kapitel 4.3.

auf liberalisierten Märkten keine Preisbildung stattfindet, in der sich die externen Kosten der Nutzung konventioneller Energiequellen in gesamtwirtschaftlich adäquater Weise widerspiegeln würden. Ebenso wenig sind die Vorteile der Nutzung erneuerbarer Energien, wie ihre geringen Emissionen von Umweltschadstoffen oder ihr Beitrag zur Ressourcenschonung und Importunabhängigkeit, monetarisiert. In dem Maße wie eine steuerungspolitische Verteuerung konventioneller Energieträger zur Internalisierung ihrer externen Kosten unterbleibt, ist daher aus volkswirtschaftlicher Sicht eine Unterstützung von erneuerbaren Energien durch politische Maßnahmen konsequent und geboten. Die mit der Nutzung der erneuerbaren Energien vermiedenen externen Kosten können als Richtschnur für das Gesamtvolumen der finanziellen Förderung gelten, unter dem Aspekt der Technologie- und Arbeitsmarktförderung kann aber auch ein Überschreiten dieser Grenze gerechtfertigt sein.

(1589) In jedem Falle sollte Art und Ausmaß der Unterstützung dem Entwicklungsstand der jeweiligen Technologien angepasst sein und den zukünftigen Nachhaltigkeitsbeitrag des Fördergegenstandes reflektieren. Im Hinblick auf Erzeugungstechniken, die am Anfang ihrer technischen Entwicklung stehen, ist eine primär finanzielle, kontinuierliche, einer regelmäßigen Evaluation unterzogene Unterstützung öffentlicher und privater Forschungsanstrengungen angemessen, um so die Entwicklung innovativer, international wettbewerbsfähiger Technologien, aber auch die notwendige Grundlagenforschung voranzutreiben.

6.1.9 Dezentralität als Baustein einer nachhaltigen Energiewirtschaft

(1590) Das deutsche Elektrizitätssystem steht heute vor einer Verzweigungssituation: Einerseits hat die Konzentration und Internationalisierung der Stromanbieter im Zuge der Liberalisierung stark zugenommen. Auf der anderen Seite könnte unter entsprechenden Rahmenbedingungen auf der Grundlage neuer technischer Optionen auch eine Entwicklung hin zur Dezentralisierung möglich werden. Aus vielen Gründen wäre dies eine nachhaltigere Energiestrategie. Nachfolgend wird daher die Option eines Wandels von überwiegend zentralen hin zu dezentralen Versorgungsstrukturen näher beleuchtet.

(1591) Die Stromversorgung aus Großkraftwerken und über landes- und europaweite Verbundsysteme könnte durch kleine, dezentrale, in virtuellen Kraftwerken vernetzte Erzeugungseinheiten zunächst ergänzt und schließlich mittel- und langfristig in seiner derzeitigen Bedeutung abgelöst werden. Ermöglicht wird dieser Wandel durch technische Innovationen vor allem in der IuK-Technologie und in der Regelungstechnik, die es erlaubt, eine Vielzahl dezentraler Energiequellen (angebots- und nachfrageseitig) regional zu integrieren und ihren Einsatz etwa nach ökonomischen und ökologischen Kriterien zu koordinieren und zu optimieren.[14] Entscheidend für diesen Strukturwandel ist dabei die Zeitperiode 2005 bis 2015, in der die wesentliche Erneuerung des deutschen und europäischen Kraftwerksparks ohnehin ansteht.

(1592) Diese technische Entwicklung fällt mit der Liberalisierung der leitungsgebundenen Energiemärkte und dem rechtlichen Aufbrechen der alten Versorgungsmonopole zusammen, woraus bei einer entsprechenden politischen Rahmensetzung auch die Chance eines entsprechenden wirtschaftlichen Umbaus hin zu dezentralen, pluralisierten Marktstrukturen erwächst. Gleichzeitig hat die Liberalisierung aber auch wichtige technische Innovationsimpulse hervorgebracht. Entscheidendes Kennzeichen ist, dass durch die technische Entwicklung („down-scaling“ in Verbindung mit IuK) die Möglichkeit der Energieerzeugung – gerade unter Vorzeichen der Nachhaltigkeit – erneut auch für Akteure mit kleinerem Kapitalstock grundsätzlich möglich geworden ist. Damit entsteht die Möglichkeit einer Neuordnung bzw. Auflösung der klassischen wirtschaftlichen Beziehungen zwischen Versorgern, Erzeugern und Abnehmern. Es kann ein System entstehen, in dem sich eine Vielzahl souveräner Akteure in Marktbeziehungen gegenüberstehen und miteinander kooperieren. Für die Errichtung und Funktionsfähigkeit einer solchen Struktur ist als Minimalbedingung der gleichberechtigte und faire Markt- und Netzzugang für neue Akteure gegenüber den Altanbietern sowie die Ablösung bestehender marktbeherrschender Positionen von entscheidender Bedeutung.

(1593) Ein wesentlicher ökologischer Vorteil dezentraler Versorgungsstrukturen liegt in der Tatsache, dass eine große Vielfalt dezentraler Energietechnologien mit besonderen Umweltqualitäten durch die technisch-systemische Integration hinsichtlich ihres allgemeinen Versorgungsbeitrags aufgewertet wird. Davon profitieren insbesondere erneuerbare Energiequellen. Einzelne problematische Charakteristika, wie fehlende kontinuierliche Leistungsbereitstellung aufgrund fluktuierender Energieerzeugung (z. T. Wind, Photovoltaik) oder ihre vergleichsweise geringe Leistung, fallen anders als in zentralen Systemen hier weniger ins Gewicht. Aufgrund der Vielzahl miteinander koordinierter Anbieter ergibt sich nämlich ein stochastischer Ausgleich, und die Produktion einzelner intermittierender Quellen verschmilzt zu einer prognostizierbaren Einheit.

(1594) Eine ähnliche Aufwertung können KWK-Anlagen erlangen, die sich aufgrund ihrer wärmebedarfs-gebundenen und damit verbrauchernahen Produktion meist nur mit Effizienzverlusten, bzw. im erschließbaren Potenzial begrenzt, in zentrale Verbundsysteme einbinden lassen. Dagegen lassen sich kleine KWK-Anlagen mithilfe von Speichersystemen zur Aufnahme überschüssiger Wärmeerzeugung als flexible Stromquellen in virtuelle Kraftwerke integrieren und als Ausgleich für nicht steuerbare Schwankungen erneuerbarer Energieerzeugung einsetzen. Als Konsequenz dürften sich zusätzliche KWK-Potenziale erschließen lassen.

(1595) Darüber hinaus ermöglicht die steuerungstechnische Einbindung von Energiemanagementsystemen auf den verschiedenen Netzebenen einen nachfrageseitigen Abgleich von Erzeugung und Bedarf. Auf diese Weise können heute bereits vielfältig angewendete Energieeffizienzmaßnahmen genauso wie neuere technische Optio-

[14] Vergleiche Kapitel 4.3.7.

nen[15] als Energiequelle erschlossen und damit auch wirtschaftlich attraktiver werden.

(1596) Auch der Netzbetrieb könnte in dezentralen Systemen voraussichtlich kosteneffizienter gestaltet werden, da ein größerer Teil des Strombedarfs nah am Verbraucher erzeugt wird und somit nicht mehr über weite Entfernungen und unterschiedliche Spannungsebenen übertragen werden muss. Dadurch können Netzverluste und Kosten für Transport und Umspannung vermieden werden.

(1597) Aber auch die grundsätzlichen Parameter des Netzbetriebes auf der Grundlage klassischer Lastganglinien verändern sich in dezentralen Versorgungsstrukturen. Aufgrund der zunehmenden Einbindung von dezentralen Quellen verschieben sich die Gewichte zwischen konventionellen Großkraftwerken und dezentralen Erzeugungsanlagen. In der Konsequenz verwischt sich die eindeutige Lastzuweisung der Energiequellen, d. h. die Aufteilung in Grund-, Mittel- und Spitzenlast wird fließender. Werden darüber hinaus die Optionen nachfrageseitiger Steuerung in großem Umfang eingesetzt, sind zudem tiefgreifende Veränderungen der Lastgänge, insbesondere eine Reduktion von regionalen Lastspitzen, zu erwarten. Da die Bereitstellung von Spitzenlastkapazitäten relativ teuer ist, erwachsen daraus auch ökonomische Vorteile. Der Netzbetrieb und die Lastzuweisung werden flexibilisiert, so dass das Netzsystem in dezentralen Systemen insgesamt stabiler sowie fehler- und eingriffstoleranter wird und Effizienzpotenziale realisiert werden können. Diese neuen Anforderungen an Netzbetrieb und Systemdienstleistungen erfordern auch klarere funktionale Trennungen im Elektrizitäts- bzw. Gassystem, die im Kontext der Liberalisierung ein konsequenteres Unbundling erfordern.

(1598) Insgesamt wird bei einem schrittweisen Aufbau dezentraler Strukturen, abgesichert durch diskriminierungsfreie Marktzutrittsbedingungen, der Übergang von der fossil-atomaren zur effizient-solaren Versorgung eingeleitet. Dezentralität der Versorgungsstrukturen ist damit ein wichtiger Baustein einer Strategie hin zu einem nachhaltigen Energiesystem.

(1599) Auch wirtschaftlich entfalten dezentrale Strukturen positive Effekte. Aus einzelwirtschaftlicher Perspektive entsprechen sie in idealer Weise den Erfordernissen wettbewerbsgeprägter Energiemärkte. Das unternehmerische Risiko ist bei Investitionen in kleine, schrittweise erweiterbare Erzeugungsanlagen geringer, da jeweils geringes Investitionskapital erforderlich ist und der Zubau der Nachfrageentwicklung flexibel angepasst werden kann. Investitionen in unterschiedliche Teilelemente virtueller Kraftwerke erlauben anders als beim Bau von Großanlagen die Streuung des wirtschaftlichen Risikos.

(1600) Daneben ist mit volkswirtschaftlichen Vorteilen zu rechnen. In dezentralen Systemen finden sich verstärkt Einsatzmöglichkeiten für innovative und marktnahe Technologien, die von unterschiedlichen Branchen und Unternehmen, häufig mit regionaler Verankerung, entwickelt oder zum Einsatz gebracht werden können. Ein Teil der Ausgaben für Energieversorgung und für Energieimporte verlagert sich damit in dezentralen Systemen von überregionalen und globalen Großunternehmen, wie der Anlagenindustrie, Brennstoffindustrie und Baubranche, hin zu innovativen und/oder regionalen Anbietern von erneuerbarer Energietechnik, Leit- und Regeltechnik, Planern oder Installateuren und anderen Dienstleistern. Sowohl im Hinblick auf die (regionale) Arbeitsmarktentwicklung als auch auf die technische Innovationsstärke der Wirtschaft sind daher von der Dezentralisierung des Energiesystems positive Auswirkungen zu erwarten.

(1601) Ein weiterer, nicht unwesentlicher Vorteil von Dezentralität ist ihre Kongruenz mit dem energiepolitischen Ziel eines hohen Versorgungsstandards. Eine auf vielen kleinen und dezentralen Einheiten basierende Versorgung ist wesentlich weniger durch technische Störungen oder Eingriffe von außen gefährdet als ein System mit überwiegend großtechnischen Anlagen. Außerdem tragen die verbesserte Einbindung erneuerbarer Energiequellen und der zu erwartende beschleunigte Zuwachs sowie eine forcierte Effizienzsteigerung dazu bei, die Importabhängigkeit von fossilen Ressourcen zu mindern. Allerdings verschiebt sich der Anspruch an Versorgungssicherheit von der Energieseite stärker auf die Ebene der störungsfreien Funktion der technischen Kommunikationsstrukturen.

(1602) Damit sprechen auch soziale Gründe für den Aufbau dezentraler Strukturen. Neben den genannten positiven Arbeitsmarkteffekten beinhaltet die Regionalisierung der Versorgungsstrukturen eine Stärkung der Wirtschaft auch in ländlichen Gebieten. Indem Endverbraucher eigene Erzeugungsanlagen betreiben, z. B. der Landwirt zum Energiewirt wird, werden zusätzliche Einkommensquellen mobilisiert. Die Beteiligung insbesondere der lokalen Bevölkerung als Eigentümer und wirtschaftlicher Nutznießer an Energieerzeugungsanlagen hat einen weiteren nicht unwesentlichen Effekt. Die Konflikte um den Ausbau der Windenergie zeigen, dass die Akzeptanz überall dort am größten ist, wo die lokale Bevölkerung oder Kommunen an den finanziellen Vorteilen partizipieren konnte. Daher kann es durch die Beteiligung der Bevölkerung gelingen, die notwendige breite gesellschaftliche Akzeptanz für eine Umstrukturierung des Energieversorgungssystems zu etablieren.

(1603) In der Dezentralisierung der Versorgungsstrukturen ist demnach auch die Chance (genauso wie die Notwendigkeit!) enthalten, die Akteursvielfalt auf den Energiemärkten zu erhöhen. Neben den traditionellen Energieversorgungsunternehmen (EVU) werden die unterschiedlichsten Endverbraucher (Gewerbebetriebe genauso wie Private) zu potentiellen Produzenten von Strom oder Wärme und bilden so als vielfältige souveräne Akteure ein Gegengewicht zur bisher dominierenden Stellung einiger weniger Stromerzeugungsunternehmen. Aber auch das ungleiche wirtschaftliche Gewicht zwischen den Energieversorgungsunternehmen verschiedener Größenklassen könnte sich zugunsten dezentraler Akteure verschieben, die keineswegs dem klassischen Bild heutiger Energieversorger entsprechen müssen. Dafür spricht, dass kleinere,

[15] Vergleiche Kapitel 4.3.1 und Kapitel 4.3.7.

dezentrale Anlagen der geringeren finanziellen Kraft regional gebundener Akteure als auch ihrer geografischen Position nahe am Verbraucher entgegenkommen. Dezentrale Technologien sind also prinzipiell von einer großen Vielfalt von neuen privaten und öffentlichen Anbietern finanzier- und nutzbar. Sie haben auch – anders als Kernenergie oder Kohle, die nur ab einer Mindestbetreibergröße für die Stromerzeugung finanzierbar und nutzbar sind – keine „Monopolisierbarkeitscharakteristik“. Letztlich kann daher Dezentralität auch wettbewerbspolitisch fruchtbar gemacht werden.

(1604) Die Entwicklung dezentraler Versorgungsstrukturen mit den hier kursorisch skizzierten Charakteristika und eine Aufweichung der heute noch dominanten Konzern-, Großkraftwerks- und Verbundstrukturen erfordert allerdings entsprechende energiepolitische Weichenstellungen. Denn die sich abzeichnende Tendenz zur technischen Dezentralität zieht nicht zwingend und möglicherweise nur stark zeitverzögert auch wirtschaftliche und gesellschaftliche Dezentralität der Versorgung sowie eine Dekonzentration von Marktmacht nach sich. Es ist auch durchaus vorstellbar, dass wenige marktbeherrschende Unternehmen als Netzbetreiber die Mehrzahl der dezentral errichteten Anlagen als Teile der virtuellen Kraftwerke betreiben und aufgrund ihrer stärkeren Finanzkraft insbesondere in der Markteinführungsphase neuen Akteuren den Marktzutritt verweigern können. Zwischen den Anforderungen einer stärker dezentralisierten Struktur für Zukunftstechnologien und den heutigen hoch konzentrierten Anbieterstrukturen bestehen also erhebliche Friktionen. Daher können sich die beschriebene Vielfalt von souveränen Akteuren und die resultierenden Vorteile für den Erhalt eines funktionsfähigen Wettbewerbs sowie die damit einhergehende gesellschaftliche Akzeptanz des strukturellen Wandels nur herausbilden, wenn ein entsprechender rechtlich-politischer Rahmen die Entwicklung umgrenzt. Dieser beinhaltet insbesondere die Umsetzung wirksamen Wettbewerbsrechts in den Energiemärkten, so dass nicht nur de jure, sondern de facto ein diskriminierungsfreier Zugang dezentraler Erzeuger sowohl zum Strom- als auch zum Gasnetz – im Sinne der Schaffung eines „level playing field“ – garantiert wird. Wegen des damit verbundenen radikalen Umbaus der Anbieterstruktur (hinsichtlich Technik und Marktmacht) bedürfen innovative und nachhaltige Technologien während ihrer Markteinführungsphase unterstützender ordnungspolitischer und finanzieller Maßnahmen, die den Marktzugang und mittelfristig einen sich selbsttragenden Prozess ermöglichen.

(1605) In den Handlungsbereich der Politik fällt es auch, die Netzeinbindung verfügbarer Quellen in vertraglicher und technischer Hinsicht zu unterstützen, z. B. mittels genehmigungs- und vertragsrechtlicher Standardisierung bzw. Typisierung. Wo nötig, ist ein Ausgleich ungleicher finanzieller Kapazitäten schaffen, um die Chancen privater Investoren aus der Bevölkerung zu verbessern. Nicht zuletzt ist jedoch weiterhin die Unterstützung aktueller Forschungen und Pilotprojekte zu Teilelementen dezentraler Systeme (erneuerbare Energietechnik, Leit- und Regeltechnik, Speichertechnik etc.) durch politische Maßnahmen notwendig, um die Entwicklung zu beschleunigen und die kommende Phase erneuten Kapazitätszubaus für den strukturellen Wandel nutzen zu können.

6.1.10 Einbettung nationaler in EU-weite und internationale Strategien

(1606) Die (deutsche) Nachhaltigkeitspolitik im Energiebereich hat bezüglich der verschiedenen Nachhaltigkeits-Dimensionen unterschiedliche räumliche Bezüge. Die klimapolitische Dimension von nachhaltiger Energiepolitik muss letztendlich in einem globalen Kontext gesehen werden, andere ökologische oder Sicherheits-Aspekte haben dagegen einen nationalen oder regionalen Rahmen. Wettbewerbsaspekte der Energiewirtschaft haben eine maßgebliche EU-Komponente und die Sozialverträglichkeit des Energiesystems hat im Regelfall eine nationale Dimension.

(1607) Sofern der jeweilige Kontext den nationalen Rahmen überschreitet, müssen auch die politischen Aktivitäten im entsprechenden Rahmen erfolgen und entsprechende Regelungen geschaffen werden. Im Bereich der Liberalisierungs- und Wettbewerbspolitik müssen z. B. EU-weite Regelungen vorangetrieben und vereinheitlich werden, im globalen Rahmen müssen internationale Aktivitäten im Rahmen der verschiedenen Prozesse der *Global Governance,*[16] aber auch der Umwelt- oder Energieaußenpolitik etabliert und wirksam gemacht werden.

(1608) Neben der Tatsache, dass die jeweiligen Probleme ggfs. nur in einem internationalen Rahmen gelöst werden können, kann die Notwendigkeit eines solchen europäisch oder global orientierten politischen Handelns auch aus der Vermeidung von nicht mehr akzeptablen Wettbewerbsverzerrungen abgeleitet werden. Im Gegensatz dazu muss jedoch nationales Handeln aus Innovationsgründen auch eine nationale Vorreiterrolle im Fokus behalten. Drei verschiedene Dimensionen von Innovationen spielen dabei eine Rolle:

– Innovationen können die wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit stärken;[17]

– politische Innovationen und nationale Vorreiterrollen können die Herausbildung von politischen Regelungen im EU- oder internationalen Rahmen befördern und

– politische und wirtschaftliche Innovationen werden auch ohne Vermittlung über internationale Regelungskontexte übernommen. Dieses Phänomen nennt man Politikdiffusion. Jüngere Beispiele dafür sind beispielsweise das EEG oder der Emissionshandel; Gleiches gilt auch für prägende wirtschaftliche Entwicklungsmuster.

(1609) Zur Erhaltung und zum Ausbau der Fähigkeiten zur umfassenden politischen, wirtschaftlichen und technologischen Modernisierung – die für eine wissens- und innovationsbasierte Volkswirtschaft wie Deutschland ohne jede

---

16 Vergleiche Kapitel 6.2.

17 Vergleiche Kapitel 6.1.6.

Alternative ist – gehört auch, dass erhebliche Bemühungen unternommen werden, damit die ebenfalls alternativlosen Bemühungen zur Schaffung der notwendigen Regelungen im EU- oder internationalen Rahmen nicht nur die gewünschten Breitenwirkungen entfalten, sondern auch die Freiräume für nationale Innovationen nicht unangemessen eingeschränkt werden. Als Prüfstein für die Schwerpunktsetzungen bei nationalen Vorreiterinitiativen muss aber stets die internationale Übertragbarkeit gesehen werden.

(1610) Auch die deutsche Nachhaltigkeitspolitik im Energiebereich sollte damit eine klare Vorreiterrolle für sich in Anspruch nehmen: *Erstens* sollte sie im Rahmen der EU wie auch im internationalen Kontext eine treibende Kraft bleiben, um EU- und internationale Regelungen mit großer Breitenwirkung und gleichzeitig ausreichenden Innovationsspielräumen für nationale Politiken zu etablieren. Zweitens sind in der nationalen Politik gezielt innovative Politiken und Technologien voranzutreiben.

6.1.11 Ziele als Strategieelement

(1611) Nachhaltigkeitspolitik im Energiesektor sieht sich vor der Herausforderung, Strategien und Instrumente

– mit Bezug auf lange Zeithorizonte,

– für wechselnde politische und gesellschaftliche Rahmenbedingungen,

– mit Unsicherheiten in ganz verschiedenen Ausprägungen bezüglich wissenschaftlichem Erkenntnisstand, technologischen Optionen und Marktstrukturen sowie

– mit Blick auf sich im Zeitverlauf verändernde Lösungsbeiträge von Technologien und anderen Problemlösungsoptionen zu entwerfen und umzusetzen. Nachhaltigkeitspolitik wird damit einen Perspektivwechsel vollziehen müssen, die politische Strategie „vage Ziele – präzise Instrumente“ muss durch einen Ansatz „klare Ziele – flexible Instrumente“ abgelöst werden.

(1612) Ziele als Elemente politischer Strategien müssen dabei klar, handlungsorientiert und soweit wie möglich widerspruchsfrei definiert werden. Sie sollten Ergebnis eines gesellschaftlichen Verständigungsprozesses sein, um die politische Agenda für Nachhaltigkeitspolitik im Energiebereich zu stabilisieren, Politiken evaluieren und anpassen zu können. Mit Blick auf die Akteure kann durch die Definition von Zielen mehr Transparenz und Sicherheit dafür geschaffen werden, welche zukünftigen Herausforderungen für die verschiedenen Akteure durch Nachhaltigkeitspolitik – jenseits aller politischen Unsicherheiten – entstehen.

(1613) Vor allem für den Bereich ökologischer Zielsetzungen existiert ein sowohl konzeptionell als auch hinsichtlich der Umsetzungsorientierung gut spezifizierter Rahmen:[18] *Umweltqualitätsziele* spezifizieren den erwünschten Umweltzustand in Bezug auf ein Schutzobjekt, *Umwelthandlungsziele* bezeichnen die quantitativen Schritte und ihre Fristigkeit. Auch wenn sich Qualitätsziele für eine Reihe der nicht ökologischen Dimensionen von Nachhaltigkeit nur schwer formulieren lassen, sollten *Handlungsziele* auch für diese Bereiche ausgearbeitet und formuliert werden. Gleichzeitig sollte mit der Definition von Handlungszielen weniger ein flächendeckendes Zielsystem geschaffen, sondern es sollten im Gegenteil klare Prioritäten gesetzt werden und eine Beschränkung auf eine überschaubare Anzahl von Handlungszielen erfolgen.

(1614) Konkrete Handlungsziele sollten sich einerseits auf einen überschaubaren Zeitraum beschränken, der sich erstens aus der zeitlichen Dimension politischen Handelns und politischer Verantwortung sowie zweitens aus dem Zeitrahmen wirtschaftlicher Prozesse wie Lebensdauer des Kapitalstocks und Planungshorizonte ergibt. Für den Energiebereich ergibt sich daraus ein sinnvoller zeitlicher Rahmen für Handlungsziele von 15 bis 20 Jahren. Über den zeitlichen Rahmen von konkreten Handlungszielen hinaus ist auch die Formulierung indikativer Langfristziele hilfreich und sinnvoll.

(1615) Handlungsziele für Nachhaltigkeitspolitik können sich auf einen einzelnen Sachverhalt wie z. B. CO_2-Emissionen beziehen, aber auch aus der Kombination verschiedener strategischer Ziele wie Umweltschutz und Innovation abgeleitet werden. Dies können Ausbauziele für erneuerbare Energiequellen oder Umweltschutz und Versorgungssicherheit sowie Ziele für die Energieproduktivität sein. Handlungsziele sind nicht sinnvoll für Sachverhalte, bei denen politisches Handeln im jeweiligen – beispielsweise nationalen – Rahmen die Zielerreichung nur untergeordnet beeinflussen kann. Dies ist zum Beispiel bei der Ölpreisentwicklung der Fall.

(1616) Handlungsziele sollten anspruchsvoll und gleichzeitig realistisch sein, also technisch-wirtschaftlich und hinsichtlich der politischen Instrumentierung – durchaus in Alternativen – im jeweiligen Zeithorizont umsetzbar sein. Handlungsziele sollten sowohl national als auch europäisch und global formuliert werden, aber soweit möglich auch sektoral spezifizierbar sein. Sie müssen einem kontinuierlichen Monitoringprozess unterzogen werden und bei der Formulierung konkreter politischer Instrumente sollte der Beitrag des jeweiligen Instruments zur Zielerreichung transparent gemacht werden.

(1617) Bei der – nach Auffassung der Kommission unverzichtbaren – Aufstellung von Handlungszielen besteht die Gefahr von Widersprüchlichkeiten, Inkonsistenzen oder einer Überbestimmung politischer und wirtschaftlicher Entwicklungsmöglichkeiten.[19] Vor diesem Hintergrund sieht die Kommission neben den oben genannten Aspekten drei Grundprinzipien für die Aufstellung von Zielen. Erstens muss die *Konsistenz* der verschiedenen Handlungsziele explizit und transparent dargelegt werden. Zweitens hat die *Verbindlichkeit* von Handlungszielen

[18] Vergleiche SRU (2000).

[19] Vergleiche dazu exemplarisch die Analyse der verschiedenen EU-Zielsetzungen von Kübler (2001).

Vorrang vor der Anzahl der Ziele. Drittens müssen Ziele in Bezug auf *bestimmte Technologien, Energieträger oder Sektoren* aus Nachhaltigkeitssicht explizit begründet werden.

(1618) Vor diesem Hintergrund hält die Kommission vor allem die folgenden Handlungsziele für Nachhaltigkeitspolitik im Energiebereich für prioritär, sinnvoll und geboten:

– die Minderung der nationalen Treibhausgasemissionen um 40 % bis zum Jahr 2020 auf der Basis von 1990 und als indikatives Ziel um 80 % bis zum Jahr 2050. Die einzelnen Sektoren sollten einen jeweils angemessenen Beitrag zum Erreichen dieser nationalen Gesamtziele erbringen;

– die Verbesserung der gesamtwirtschaftlichen Energieproduktivität um mindestens 3 % in den nächsten 20 Jahren. Dies ist die Konsequenz aus dem Erfordernis von Umweltschutz, Versorgungssicherheit und Energiekostenbelastung der Volkswirtschaft;

– die Erhöhung der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien um den Faktor 4 bis zum Jahr 2020 und die Ausweitung des Einsatzes erneuerbarer Primärenergien um den Faktor 3,5 bis zum Jahr 2020. Dabei sollte die Bewertung nach Wirkungsgradmethode erfolgen. Dies ist die Konsequenz aus Umweltschutz und der Notwendigkeit breiter Innovationen bei den neuen Energietechnologien;

– die Erhöhung des Stromaufkommens aus Kraft-Wärme-Kopplung um den Faktor 3 bis zum Jahr 2020 als Konsequenz aus Umweltschutz und Versorgungssicherheit;

– die Absenkung des durchschnittlichen spezifischen Endenergieverbrauchs neu sanierter Altbauwohnungen für Raumwärme bis zum Jahr 2020 auf 50 kWh/m^2. Dies ist die Konsequenz der Notwendigkeit von Umweltschutz, Versorgungssicherheit und sozialer Verträglichkeit;

– die Absenkung des Flottenverbrauchs neu zugelassener Personenkraftwagen bis zum Jahr 2020 auf 3,5 bis 4 Liter je 100 km. Dies ist die Konsequenz aus der Erfordernis von Umweltschutz und Versorgungssicherheit;

– die Erhöhung der F&E-Aufwendungen für den nichtnuklearen Energiebereich um mind. 30 % bei gleichzeitiger Ausrichtung der Forschungsprogramme auf nachhaltige Technologien und deren Begleitforschung als Konsequenz aus Umweltschutz und der Notwendigkeit breiter Innovationen bei Energietechnologien;

– die weltweite Spitzenstellung bei F&E in Bezug auf energiesparende Technologien und erneuerbare Energieerzeugungstechnologien zu erreichen und zu erhalten sowie den Export dieser Technologien zu steigern. Dies ist die Konsequenz aus der Notwendigkeit von Umweltschutz und breiter Innovationen bei Energietechnologien sowie der Steigerung der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit;

– das Volumen für Technologien der umweltschonenden Energieerzeugung und der Energieeinsparung im Bereich der Entwicklungszusammenarbeit (staatliche und private Transfers) konsequent zu steigern (als Konsequenz aus Umweltschutz und Notwendigkeit breiter Lösungsansätze im globalen Rahmen).

Sondervotum zu Kapitel 6.1

Minderheitsvotum des Kommissionsmitglieds der Fraktion der PDS einschließlich des von ihr benannten Sachverständigen Prof. Dr. Jürgen Rochlitz

Strategien

Es ist davon auszugehen, dass der anthropogene Treibhauseffekt zu einem deutlichen Klimawandel führt, der schon begonnen hat. Die Strategien einer nachhaltigen Energiewirtschaft haben dies vor allem zu berücksichtigen. Unter diesen Bedingungen gibt es in der nachhaltigen Energiewirtschaft kein „Spannungsfeld von Umwelt- und Klimaschutz, wirtschaftlicher Leistungsfähigkeit und sozialen Anforderungen“, wie die Mehrheit der Enquete-Kommission feststellt (Überschrift von Kapitel 6.1.2). Vielmehr sind diese Komponenten in eine kooperative, integrative politische Strategie einzupassen. Nicht nur für das Energiesystem ist hierzu eine grundlegende Transformation erforderlich, sondern für das gesamte politisch-ökonomische System, wie wir dies schon mit unserem Grundgesetz der Nachhaltigkeit vorgezeichnet haben (Sondervotum zu Kapitel 2).

Die Klimaschutzpolitik muss die heraufziehenden Gefahren des Klimawandels realistisch einschätzen und sich vorsorglich auf Gefahrenabwehr einstellen. Dies heißt: Sie hat sich zu orientieren an dem Prinzip Verantwortung[20] und am Vorsorgeprinzip. Eine Politik, basierend auf diesen Prinzipien, darf es sich nicht leisten, auf eine höhere Wahrscheinlichkeit harmloserer Klimaveränderungen zu setzen.

Nach unserer Auffassung muss die wirtschaftliche Leistungskraft allein der Erhaltung der ökologischen Grundlagen – wie z. B. dem Klima – und der sozialen Grundlagen – wie z. B. der Vollbeschäftigung – dienen. Der bisher politisch geförderte Wettbewerb hat zu millionenfacher Arbeitslosigkeit, zum Zusammenbruch von Volkswirtschaften und zur weltweiten Ungleichverteilung der finanziellen Ressourcen, zur Spaltung der Gesellschaften in Arm und Reich geführt. Da er zum „Ausscheiden ineffizienter Akteure“ (siehe Kapitel 6.1.2 der Mehrheit) führt, erfüllt er nicht die Nachhaltigkeitskriterien der sozialen Dimension. Er bedarf in einer nachhaltigen Energiewirtschaft deutlicher Einschränkungen zur Verhinderung von Mono- oder Oligopolen und von Massenarbeitslosigkeit. Die Mehrheit der Kommission befürwortet unverblümt in Kapitel 6.1.2 weiteren Beschäftigungsabbau durch die Umstrukturierung des Energiesystems. Die Hoffnung auf

[20] H. Jonas „Das Prinzip Verantwortung. Versuch einer Ethik für die technologische Zivilisation“, Frankfurt/M, 1984.

Kompensation in „neuen aufstrebenden Branchen“ wird noch nicht einmal genau dargestellt.

Breiten Raum nimmt in der Schilderung der Strategien der Rahmen der Globalisierung und das Verhältnis zu den Entwicklungsländern ein. Der Rahmen der Globalisierung wird als Element einer „Nachhaltigkeitsstrategie“ betrachtet. Wie wir schon dargelegt haben,[21] kann diese Entwicklungslinie eines neoliberalen Diktats der Ökonomie keinesfalls als nachhaltig betrachtet werden. Allenfalls die Verbesserung und Beschleunigung von Informationszugang und -weitergabe durch die I&K-Technologien könnte in Teilbereichen weltweit positive Effekte aufweisen; aber auch hier überwiegen die negativen (wie z. B. Verluste von Arbeitsplätzen, Energie- und Papierverbrauch, Elektronikschrott, unnütze Zeitvergeudung).

Bundespräsident Johannes Rau hat in seiner diesjährigen Berliner Rede[22] hierzu ausgeführt: „Da gibt es nichts herumzureden: Bisher droht die Globalisierung den Globus zu zerstückeln. Wir können den Markt niemals alleine von seinen beeindruckenden Ergebnissen für die Gewinner her beurteilen. Wir müssen immer auch fragen, wie diese Ergebnisse zu Stande gekommen sind. Eine Politik der Freiheit wird nur dann auch wirtschaftlich überzeugen, wenn sie Menschen befreit von Ausbeutung, aus Armut und Überschuldung, wenn sie für gleiche Chancen sorgt, zu gegenseitigem Respekt beiträgt und wenn sie alle teilhaben lässt an dem, was den Globus bewegt. Um nicht mehr und um nicht weniger als um eine solche freiheitliche Ordnung geht es.“ Bemerkenswert seine Schlusssätze: „Die Menschen überall auf der Welt müssen erleben, dass sie im Mittelpunkt stehen. Sie müssen erkennen können: Die Politik und die Wirtschaft werden um der Menschen willen gemacht. Dies gilt es, neu zu entdecken.“

Dies jedenfalls hat die Mehrheit der Kommission noch nicht entdeckt; sie hat vielmehr vollständig ausgeblendet, dass gegenwärtig – also unter den Bedingungen von Globalisierung und Liberalisierung – weder ein ausreichender Finanz- und noch notwendiger Technik-Transfer zu den Entwicklungsländern stattfindet. Die beiden globalen Prozesse neoliberaler Politik haben weltweit zu mehr Arbeitslosigkeit, mehr Armut sowie zu weiterer Verschuldung der Entwicklungsländer geführt. Im Übrigen betrachtet die Kommissionsmehrheit die „Ausweitung des weltweiten Transportaufkommens“ als problemlos, sofern nur der entsprechende technische Wandel einträte.

Hierbei wird verkannt, dass der technische Wandel mit langen Investitionszyklen verknüpft ist. Um ein Beispiel aus dem Sektor mit den höchsten Steigerungsraten an Emissionen klimaschädlicher Stoffe zu wählen, sei an Flugzeuge erinnert, deren Betriebsdauer bei mehr als 25 Jahren liegt. Technischer Wandel ohne den regulativen Zwang, ihn zu nutzen, führt also nicht ohne zusätzliche Maßnahmen und Vorschriften zu mehr Nachhaltigkeit.

[21] Sondervotum der PDS zum Kapitel 4.3 im Ersten Bericht, Sondervotum der PDS zum Kapitel 3 in diesem Bericht.

[22] Johannes Rau, Berliner Rede 2002, Frankfurter Rundschau vom 14. Mai 2002.

Unbeachtet geblieben ist auch, dass gerade die Prozesse der Globalisierung und Liberalisierung zu einer schrankenlosen Nutzung der Natur und ihrer Güter geführt haben. Man denke nur an die hemmungslose Zerstörung von Wäldern in den Tropen, aber auch in den gemäßigten und borealen Zonen.

Die Mehrheit der Kommission macht es sich zu einfach, wenn sie die Liberalisierung als Element einer Nachhaltigkeitsstrategie sieht. Es ist ein Trugschluss, die Wirkungen von Märkten allein an neuen Produkten und neuen Akteuren bewerten zu wollen. Und falsch ist die Behauptung, mit der Liberalisierung des Marktzugangs könnten Verbraucher ihre Versorger grundsätzlich wechseln. Sie haben zwar dieses Recht, die technischen, organisatorischen, und finanziellen Hürden sind jedoch so hoch, dass vom Grundsatz her der Kleinverbraucher genauso dasteht wie ohne Liberalisierung.

Die Auffassung der Kommissionsmehrheit, den Staat als Wettbewerbshüter zu sehen, kann ebenfalls nicht geteilt werden, so lange der Wettbewerb nicht durch Regulierungen deutlich eingeengt wird. Wettbewerb führt immer zu Gewinnern und Verlierern. Die Verlierer sind die Arbeitslosen, die unter die Armutsgrenzen Gesunkenen, die Kleinbauern, -händler und -handwerker, deren Existenzgrundlagen zerstört wurden von den jeweils ökonomisch Stärkeren. Ein solches ökonomisches System ist als nicht nachhaltig zu bezeichnen. Ein Staat, der dieses System als „funktionsfähigen Wettbewerb“ stabilisiert, übernimmt nicht eine Moderatorrolle des Wettbewerbs, sondern ist mitverantwortlich für seine negativen Auswirkungen.

Für eine grundlegende Transformation dieses, jede nachhaltige Entwicklung verhindernden ökonomischen Systems, für eine „Abkehr vom traditionellen wirtschaftlichen Fortschritts- und Wachstumsmodell“[23] ist die institutionelle Absicherung eines Nachhaltigkeitsmodells nötig. Die Bewältigung der drängenden ökologischen und sozialen Probleme auf lokaler, regionaler, nationaler und globaler Ebene stellt die zentrale Herausforderung des Staates im 21. Jahrhundert dar. Die Regelungen des Grundgesetzes der Bundesrepublik und die sich aus der Rechtssprechung ergebenden staatlichen Schutzpflichten für die Umwelt und die Rechte des Einzelnen tragen den Erfordernissen einer nachhaltigen Entwicklung keinesfalls ausreichend Rechnung. Das von uns zum Kap. 2 dieses Berichts vorgeschlagene **Grundgesetz der Nachhaltigkeit** ist daher in den Verfassungsrang zu heben, um zu gewährleisten, dass die parlamentarisch-pluralistische Demokratie die Langzeitverantwortung für eine nachhaltige Entwicklung wahrnimmt. Aus diesem Grundgesetz der Nachhaltigkeit leiten wir folgende Komponenten einer Nachhaltigkeitsstrategie für den Bereich der Energieversorgung ab:

1. Mit einer offensiven Bildungs- und Öffentlichkeitsarbeit wird das Leitbild einer nachhaltigen Entwicklung

[23] Sachverständigenrat für Umweltfragen, Umweltgutachten 1994, Tz. 9.

mit dem „Grundgesetz der Nachhaltigkeit“ im öffentlichen und privaten Leben verankert.

2. Mit Werbekampagnen zum Energiesparen, zur Nutzung des öffentlichen Verkehrs bzw. des Fahrrads und der Fußwege werden nachhaltige Verhaltensweisen vermittelt; in deren Rahmen werden Anreize verschiedener Art angeboten (Preise für den geringsten Strombedarf, etc.).

3. Mit dem Start eines ersten Zehnjahresprogramms für den Ausbau regenerativer Energieträger und für Kampagnen zum Einsparen von Energie beginnt der **„Sprung in das solare Zeitalter“,** selbstverständlich verbunden mit der nötigen Bildungs- und Öffentlichkeitsarbeit. Die nötigen Forschungen und Entwicklungen zum Einsatz neuer, besserer und billigerer Materialien für Solarzellen werden ebenfalls auf breiter Basis vorangetrieben.

4. Der schon in der 13. Legislaturperiode erarbeitete Vorschlag eines Umweltgesetzbuchs wird konsequent um ein Kapitel „Klimaschutz“ erweitert. Mit dem Umweltgesetzbuch und einem Klimaschutzgesetz wird der ordnungsrechtliche Rahmen gefasst für diejenigen Maßnahmen, die einen Reduktionspfad für Treibhausgase über 50 % (bis 2030) und 80 % (bis 2050) ermöglichen.

5. Mit einem neuen ordnungspolitischen Rahmen für Beschäftigung („Beschäftigungsschutzgesetz“) wird ein Beschäftigungspakt aus öffentlichen und privaten Arbeitgebern, den Arbeitnehmervertretern, Parlaments- und Regierungsvertretern gebildet, dessen Ziel Vollbeschäftigung bis 2030 ist. Bis 2010 soll eine Wiederherstellung der Beschäftigungslage von 1990 erreicht werden.

6. Der Transfer von Technik, Wissen und finanzieller Unterstützung in die Entwicklungsländer wird so verstärkt, dass zumindest in den sonnenreichen Entwicklungsländern möglichst bald eine solare Vollversorgung erreicht wird. Dieses Ziel wird gekoppelt mit den Zielen einer Zunahme der Beschäftigung, einer Abnahme der Armut und mit einer Minderung an Naturverbrauch und -zerstörung.

7. Der Ausstieg aus der Atomenergie wird – im Gegensatz zu derzeitigen Geschäftslage – sofort begonnen und in schnellstmöglicher Zeit vollzogen. Gleichzeitig wird damit begonnen, ein dezentrales System von Energieversorgungseinheiten aufzubauen, welches das bisherige mit atomaren und fossilen Großkraftwerken ersetzt. Ziel dabei ist eine vielfältige, große Anzahl dezentraler, zunächst hauptsächlich, später ausschließlich regenerativer Energiequellen.

8. Das Ziel der solaren Vollversorgung wird auf breiter Front durch vielfältige Unterstützung der Anwendung, Entwicklung und Forschung solarer Systeme und regenerativer Energiequellen angegangen. Bis 2030 sollten 50 % der Stromversorgung und 30 % des gesamten Primärenergieverbrauchs aus erneuerbaren Energien stammen. Entsprechend dieser anspruchsvollen Ziele müssen die F&E-Aufwendungen hierfür bis 2010 um 100 % gesteigert werden.

9. Mit den genannten strategischen Ansätzen wird der pro-Kopf-Verbrauch an Energie so stark gesenkt, dass die zu erwartenden Zuwächse in den Entwicklungs- und Schwellenländern – global betrachtet – kompensiert werden.

10. Bis 2050 wird eine nachhaltige Mobilität mit Hilfe von Anreizen, regulativen Vorgaben und Kampagnen erreicht: Der Personen- wie auch der Güterfernverkehr wird hauptsächlich auf der Schiene abgewickelt. Im Nahverkehr dominiert der öffentliche Verkehr mit Bussen und Bahnen sowie der nichtmotorisierte Verkehr. Die Dominanz des motorisierten Individualverkehrs und des Straßengüterverkehrs ist gebrochen.

11. Deutschland setzt sich dafür ein, dass die genannten strategischen Ansätze auch auf den EU- und UN-Ebenen, einschließlich der damit verbundenen Organisationen wie z. B. IWF, Weltbank, WTO, usw. akzeptiert und umgesetzt werden.

6.2 Nachhaltige Energiewirtschaft im Beziehungsgeflecht zwischen Industrie- und Entwicklungsländern

(1619) Kapital-, Technologie- und Know-how-Transfer aus den Industrieländern für den Energiesektor und eine faire energieorientierte Kooperation mit Entwicklungs-, Schwellen- und Transformationsländern sind eine wesentliche Voraussetzungen für eine international nachhaltige Entwicklung. Gleichzeitig ergeben sich hieraus wirtschaftliche Chancen für die Industrieländer und für die Lösung von globalen Problemen wie z. B. für die Armutsbekämpfung und den Klimaschutz. Dabei ist eine Strategie anzustreben, die die Chancen für wirtschaftliche und soziale Entwicklung in den Entwicklungs-, Schwellen- und Transformationsländern mit den Energie- und Umweltpolitiken der Industrienationen verknüpft. Nachfolgend wird vor allem das Beziehungsgeflecht zwischen Industrie- und Entwicklungsländern analysiert, wobei Aspekte der Finanzierung und der Weltenergiepolitik dargestellt werden, die prinzipiell auch auf Transformationsländer zutreffen. Bei der Diskussion der Entwicklungszusammenarbeit beschränkt sich dieser Abschnitt auf die Frage, inwiefern hierdurch ein nachhaltiges Energiesystem unterstützt werden kann. Grundsätzlichere Fragen nach den positiven bzw. negativen Wirkungen der bisherigen Entwicklungszusammenarbeit in Verbindung mit der Schuldenproblematik, der Armutsbekämpfung, fairen Handelsbedingungen und einer gerechteren Einkommens- und Vermögensverteilung im Rahmen der Globalisierung werden hier nicht diskutiert.

6.2.1. Problemaufriss

(1620) In der internationalen Diskussion über „nachhaltige Entwicklung“ ist eine der Kernfragen, wie die unabdingbare und rasche Steigerung der Lebensqualität in Entwicklungsländern quasi „von Anfang an“ in einer Form erfolgen kann, dass weder die Ökosysteme in den Ländern

selbst irreversibel geschädigt noch globale ökologische Risiken (wie z. B. der Treibhauseffekt, der Abbau der Ozonschicht, die Abholzung von Regenwäldern) in nicht mehr tolerierbarer Form verschärft werden. Szenarienanalysen zeigen (vgl. auch Kapitel 3): Insbesondere die historischen, aber auch viele derzeitige Grundstrukturen der Industrialisierung und des Wachstumstyps der Industrieländer sind für eine weltweit noch erheblich anwachsende Bevölkerung nicht verallgemeinerungsfähig. Eine nachholende Entwicklung im Sinne der Übertragung des heutigen Pro-Kopf-Energie-, Ressourcen- und Flächenverbrauchs der OECD-Länder auf z. B. 10 Mrd. Menschen würde die Tragfähigkeit der Erde und der Erdatmosphäre derart überbeanspruchen, dass die Menschheit mit katastrophalen ökosozialen Krisen konfrontiert werden würde. Diese Aussage gilt auch dann, wenn unterstellt werden könnte, dass in allen Ländern ab einem bestimmten Pro-Kopf-Einkommensniveau die Emissionen wieder sinken, also einen U-förmigen Verlauf aufweisen würden. Dieser Zusammenhang wird in der Literatur als Environmental Kuznets Curve (EKC) bezeichnet, aber kontrovers diskutiert.[24] Weltweit ist zur Stabilisierung der CO_2-Konzentration auf einem tolerierbaren Niveau (etwa 450–500 ppm) bereits bis zur Mitte des Jahrhunderts eine Senkung der CO_2-Emissionen um rund 50 % – also eine absolute Entkoppelung von Wirtschaftswachstum und CO_2-Emissionen – notwendig. Wegen der langen Investitionszyklen müssen daher bereits heute wesentliche Weichenstellungen für Klimaschutztechnologien und für nachhaltigere Energiestrategien im Norden wie im Süden erfolgen.

(1621) Angesichts von irreversiblen Klimaveränderungen wäre demnach eine auf die Kuznets Curve gestützte Strategie „Erst reich werden, dann das Klima schützen“ eine Verletzung des Vorsorgeprinzips. Es wäre zudem unverantwortlich, nicht die Erfahrung der Industrieländer mit negativen ökologischen und sozialen Folgen inadäquater Energieversorgung an die Entwicklungsländer weiterzugeben. Vielmehr müssen die Länder des Südens aktiv dabei unterstützt werden, die Umweltbelastungen und Fehler der historischen Industrialisierungs- und Energiestrategie der Industriestaaten nicht zu wiederholen. Im Sinne einer weltweiten nachhaltigen Entwicklung ist es auch eine moralische Verpflichtung der Industrieländer, mögliche katastrophale Auswirkungen auf die Global Commons (z. B. bedrohliche Klimaänderungen) zu verhindern, die eine Entwicklung entlang der derzeitigen nicht nachhaltigen Trends mit sich bringen könnte.

(1622) Die Wahrnehmung dieser historischen Verantwortung durch internationale Zusammenarbeit im Bereich der Energiepolitik ist auch ein Teil verstärkter Bemühungen um Frieden und Konfliktvermeidung zwischen Nord und Süd. Insbesondere die Verbesserung der Lebensbedingungen im Süden ist ein Beitrag zur Verhinderung von eskalierenden Konflikten auf globaler Ebene, für die die Terroranschläge des 11. September und die daraus folgenden militärischen Konsequenzen ein Menetekel darstellten.

(1623) Daher spielt die Form der Bereitstellung und der Nutzung von Energie zu Beginn und während des Entwicklungsprozesses gerade bei der wachsenden Weltbevölkerungsmehrheit im Süden eine Schlüsselrolle. Es reicht dabei nicht aus, auf den unbestritten beklagenswerten Umstand hinzuweisen, dass weltweit 2 Mrd. Menschen noch immer von einer Energieversorgung abgeschnitten sind.[25] Gleichzeitig muss betont werden, dass eine Pro-Kopf-Energieversorgung in gleicher Höhe, mit ähnlichen Kosten und in ähnlich riskanter Form wie in den OECD-Ländern nicht das Ziel eines „nachhaltigen Energiesystems“ in Entwicklungsländern sein kann. Auch das häufig geforderte „Leap frogging“,[26] also der möglichst frühzeitige „Sprung“ auf die modernsten Techniken in der Phase des „Take off“ der Entwicklung, ist nur dann ein realistischer Motor für ein innovativeres nachhaltiges Entwicklungsmodell, wenn die Voraussetzung für einen nachhaltigen Technologietransfer in den Süden (z. B. Integration in regionale Nachhaltigkeitsstrategien, Finanzierbarkeit, Stärkung des Know-How- und Kapitaltransfers, Capacity Building) in internationaler Kooperation geschaffen werden.

(1624) Daher muss auch in Projekten und Programmen darauf geachtet werden, dass die forcierte Markteinführung von erneuerbaren Energiequellen möglichst mit der effizientesten Nutzungstechnik verbunden wird, um die Gesamtkosten für die Bereitstellung von Energiedienstleistungen zu minimieren. Die duale Wirtschaftsstruktur in vielen Entwicklungsländern und die häufig extrem ineffiziente Bereitstellung, Verteilung und Nutzung von Energien in den Städten, im Kleinverbrauch und in den produktiven Sektoren macht es möglich, dort mit relativ geringem volkswirtschaftlichen Aufwand enorme Energiekosteneinsparungen zu realisieren. Diese freigesetzten Finanzmittel werden für den Aufbau eines nachhaltigeren Energieangebots und die Markteinführung von teilweise noch teuren REG-Technologien dringend gebraucht.

(1625) Bei einer näheren Analyse des Handlungsbedarfs muss zwischen den armen und ärmsten Entwicklungsländern und den Transformationsländern unterschieden werden. In den Entwicklungs- und Schwellenländern muss die Energieversorgung oft von Grund auf aufgebaut werden. Hier muss darauf geachtet werden, dass dies unter Berücksichtigung der lokalen kulturellen, sozialen und ökologischen Gegebenheiten nachhaltig – im Sinne von langfristig durchhaltbar und adaptiert an die jeweiligen Entwicklungsbedingungen – vonstatten geht.

(1626) Eine besondere Herausforderung für eine internationale nachhaltige Entwicklung stellt sich auch in den Transformationsländern Osteuropas und der ehemaligen Sowjetunion. Die Menschen verfügen hier zwar zumeist über einen flächendeckenden Zugang zu leitungsgebundenen Energieträgern. Umwelt- und Gesundheitsprobleme sowie ökonomische Schwierigkeiten entstehen hier jedoch hauptsächlich durch ineffizienten und teilweise

---

[24] Vergleiche Pasche (1992).

[25] Vergleiche WEC (2001).

[26] Vergleiche Goldemberg/Johansson (1995), UNDP u. a. (2000), Lovins/Hennicke (1999).

fahrlässigen Umgang mit den Energieträgern, z. B. bei der Atomenergie. Energieverbrauch wurde in diesen Ländern oft „als ein Grundrecht empfunden“.[27] Tradierte Verhaltensmuster behindern daher einen effizienten Energieeinsatz – insbesondere wenn sie gepaart sind mit mangelhaften Anreiz-, Abrechnungs- und Kontrollsystemen. Diese führen zu ungesicherten oder mangelhaften Rückflüssen auf Investitionen, so dass auch für ausländisches Kapital wenig Anreize zur Verbesserung der Energieversorgungssysteme bestehen. Daher ist es notwendig, die Energie-Charta[28] und das darauf aufbauende Energieeffizienzprotokoll zwischen der EU und Russland zum beiderseitigen Nutzen mit Leben zu erfüllen und die Rechtssicherheit für Direktinvestitionen zur Modernisierung des russischen Energiesystems zu sichern. Im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung spielen dabei die Verbesserung der Energieeffizienz bei der Energieumwandlung und -nutzung, die Einführung der Kraft-Wärme-/Kälte-Kopplung sowie die erneuerbaren Energien ein besondere Rolle. Dieser Technologiemix kann auch bei der Kooperation hinsichtlich des Ersatzes russischer Atomkraftwerkstechnologie eine besondere Rolle spielen.

(1627) Die Strategie des Finanz- und Technologietransfers sowie der Entwicklungszusammenarbeit sollte also je nach Zielland verschiedene Schwerpunkte haben: Effizienzsteigerung in den Transformationsländern, Verbesserung bzw. Aufbau effizienter, erschwinglicher und an Bedürfnisse und Lebensgrundlagen angepasster Versorgung in den Entwicklungsländern. Die Instrumente zur Umsetzung der Strategie des Finanz-, Technologie- und Know-how-Transfers in Entwicklungs-, Schwellen- und Transformationsländer entstammen dabei weniger dem klassischen energiepolitischen Spektrum als der Außen- und Entwicklungspolitik. Wichtig ist es dabei, sich die finanzielle Dimension der Aufgabe vor Augen zu halten: Das World Energy Assessment von UNDP und WEC schätzt, dass je nach Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum in den Jahren 1990 bis 2020 9 bis 16 Billionen US-$ investiert werden müssen.[29]

(1628) Auch wenn es daher notwendig ist, die öffentliche Entwicklungshilfe (ODA) erheblich auszuweiten (s. u.) wird dies nicht ausreichen, um den notwendigen fundamentalen Strukturwandel zu erzielen. Es muss daher auch die private Wirtschaft sowohl in den Industrieländern als auch in den Entwicklungs- und Transformationsländern für dieses Ziel mobilisiert werden.

6.2.2 Nachhaltiges Energiesystem und Entwicklungszusammenarbeit

(1629) Bezahlbare, zuverlässige und umweltverträgliche Energiedienstleistungen sind eine entscheidende Voraussetzung für nachhaltige Entwicklung, die vor allem in den ärmeren Entwicklungsländern und in deren ländlichen Regionen fast vollständig fehlt. Diese Aussage impliziert zum einen, dass die professionelle Bereitstellung von Energiedienstleistungen zum Kochen, für Beleuchtung, zum Heizen (in kälteren Klimazonen) bzw. zum Kühlen und für Kraftanwendungen zur Sicherung von Grundbedürfnissen, für die ländliche wirtschaftliche Entwicklung und generell für die Überwindung von Armut unabdingbar sind. Zum anderen muss der armutsbedingte Raubbau an Mensch und Natur gestoppt werden, der durch den ineffizienten, gesundheitsschädlichen und naturzerstörenden Einsatz von traditioneller Biomasse (Brennholz, Holzkohle, Dung, Fäkalien etc.) verursacht wird.[30]

(1630) Ökologie- und sozialverträgliche Energiedienstleistungen als Voraussetzung für nachhaltige Entwicklung sind lange Zeit von internationalen Institutionen und Konferenzen sowie von der offiziellen Entwicklungszusammenarbeit (ODA) nicht gebührend anerkannt worden – so fehlt beispielsweise eine explizite Erwähnung des Aktionsfeldes Energie sowohl in der Rio-Deklaration als auch in der Agenda 21 – aber diese Erkenntnis setzt sich in den letzten Jahren immer mehr im Bewusstsein der relevanten Akteure durch. UNDP und UNEP haben ihre Bemühungen auf diesem Gebiet verstärkt, zum Beispiel mit der Herausgabe des World Energy Assessment oder mit den Projekten des UNEP Energieprogramms. Auch die Commission on Sustainable Development hat diesen Mangel der Rio-Schlussdokumente erkannt und das Thema in ihrer neunten Sitzung aufgegriffen (siehe weiter unten).

(1631) Allerdings fehlt dieser Entwicklung noch der nötige Schwung, um die programmatischen Deklarationen in der Praxis umzusetzen und eine breite Wirkung vor Ort zu entfalten. Nach wie vor sind z. B. die Mittel, die in nachhaltige Energieversorgung in Schwellen- und Entwicklungsländer fließen, nicht ausreichend, um die soziale und wirtschaftliche Entwicklung unter Berücksichtigung der Umwelt zu unterstützen und um die Zuspitzung so wichtiger globaler Probleme wie des Klimawandels zu verhindern. Die UN-Unterorganisationen führen Pilotprojekte durch, die Breitenwirkung muss aber von anderen Impulsgebern ausgehen.

(1632) Die Entwicklungszusammenarbeit mit den Ländern der „Dritten Welt“ basiert heutzutage zwar in der Regel auf einem breiten internationalen Konsensus mit dem übergeordneten Thema der Armutsbekämpfung. Angefangen von der „Millennium Deklaration“ der Vereinten Nationen sowie den Programmen und Foren ihrer Unterorganisationen über die offizielle Politik der Weltbank bis hin zu den Politiken der EU und ihrer Mitgliedsländer – um nur einige der wichtigsten zu nennen – ist man sich auch in den einzelnen Zielen (development goals) weitgehend einig. Neben Themen wie etwa Ausbildung, Gesundheit, Wasserversorgung, Gleichberechtigung der Geschlechter etc. wird die Rolle der Energie zur Erreichung vieler dieser Ziele zwar anerkannt, dennoch gehören Energie im allgemeinen und die ländliche Elektrifizierung und sozialverträgliche Bereitstellung von Energiedienst-

---

27 Opitz (2001).

28 Europäische Union (1997b).

29 Vergleiche UNDP u. a. (2000).

30 Vergleiche UNDP (1996).

leistungen im besonderen traditionsgemäß nicht zu den Entwicklungsprioritäten. Dies mag einer der Gründe sein, warum gerade auf diesem Gebiet, wie in Kapitel 3 dargestellt, die Resultate vor Ort nach wie vor Besorgnis erregend sind.

(1633) Typisch ist die Situation bei der EU-Kommission, die im Jahr 2000 6,8 Mrd. US-$ (von einem globalen Finanzvolumen von 52 Mrd. US-$) Entwicklungszusammenarbeit (ODA) abgewickelt hat. In ihrem Strategiepapier vom April 2000[31] sind 6 Prioritäten definiert, unter denen man, wie auch das EU Parlament beklagt hat, die Energiebelange vergeblich suchen wird. Der EU-Rat der Staats- und Regierungschefs vom Juni 2001 in Göteborg sprach sich zwar dafür aus, die staatlichen Mittel für die Entwicklungszusammenarbeit auf 0,7 % des BIP zu bringen – heute liegt die EU mit 0,34 % schon doppelt so hoch wie die restlichen Geberländer – aber die fundamentale Rolle der Energie blieb unerwähnt. Immerhin wurde jedoch anerkannt: „Nachhaltige Entwicklung fordert globale Lösungen. Die Union wird danach streben, die nachhaltige Entwicklung zu einem Ziel in der bilateralen Entwicklungszusammenarbeit und in allen internationalen Organisationen und spezialisierten Einrichtungen zu machen“.[32] Dennoch bleibt in diesem allgemeinen Statement der Stellenwert der Energie in der nachhaltigen Entwicklung offen.

(1634) Die G8 Task Force hat die Entwicklung der ODA im Energiebereich nach Ländern zusammengestellt.[33] Hieran wird deutlich, dass nach 1995 weltweit ein erheblicher Rückgang eingesetzt hat, der zu den gleichzeitig gestiegenen Anforderungen einer nachhaltigen und klimaverträglichen Entwicklung im Gegensatz steht.

Tabelle 6-1

Finanzvolumen der Entwicklungszusammenarbeit im Energiebereich in Mrd. US-$

	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
AUS	7,23	4,35	2,87	17,85	37,38	28,99	22,49	18,62	15,68	10,40	4,05
AT	20,32	8,67	88,21	77,20	68,40	62,48	12,96	9,39	1,90	2,14	4,30
BE	5,71	4,49	13,25	10,86	9,64	9,26	3,52	3,87	2,26	1,15	1,35
CA	70,63	40,28	61,72	44,32	50,85	24,03	20,39	82,12	55,40	47,05	43,71
DK	10,30	23,11	28,67	11,79	38,23	87,81	26,79	56,66	32,10	30,65	19,34
FI	72,80	15,59	139,21	17,33	19,39	1,60	2,10	30,53	4,18	5,28	9,48
FR	342,74	600,08	222,13	234,09	239,16	172,08	155,65	183,40	103,82	208,53	–
DE	517,31	667,47	505,04	358,13	668,19	227,09	300,66	448,84	506,73	189,38	300,50
GR	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,13	–
IE	–	–	–	0,32	–	0,05	0,79	0,79	–	0,00	–
IT	243,51	282,31	564,53	237,37	35,93	129,10	116,77	34,61	28,59	0,14	6,63
JP	495,24	546,95	1959,95	1141,94	1898,44	2565,89	4144,17	2061,27	3084,33	1747,44	1244,53
LU	–	–	–	1,31	0,98	–	–	–	1,09	1,41	1,56
NL	18,13	37,35	2,21	19,11	24,65	37,63	77,43	68,45	40,60	34,21	15,23
NZ	–	–	1,02	0,92	0,97	2,35	2,35	–	–	1,22	1,05
NO	13,50	45,17	118,28	24,54	62,24	25,15	140,68	76,18	61,55	53,09	36,34
PT	–	–	–	0,19	–	1,91	0,09	0,27	1,78	0,55	0,09
ES	–	–	485,55	113,67	53,56	110,38	34,84	79,79	32,23	60,51	5,09
SW	195,90	50,06	59,77	69,31	103,92	70,53	55,29	103,56	73,95	31,71	29,45
CH	14,84	4,09	15,24	1,42	1,10	4,24	2,12	0,10	–	1,24	9,29
UK	227,62	206,50	486,69	133,11	127,72	125,93	123,28	95,87	77,67	80,82	119,75
USA	282,94	308,32	308,32	293,56	276,22	206,80	213,40	166,00	91,52	135,80	87,56
EC	–	–	–	–	–	–	28,05	–	–	–	–
Sum	2538,72	2844,79	5062,66	2808,34	3716,97	3893,30	5455,77	3520,32	4215,38	2642,85	1939,30

Quelle: Moody-Stuart u. a. 2001.

31 Vergleiche Europäische Union (2000b).

32 Europäische Union (2001o).

33 Vergleiche Tabelle 6-1.

(1635) Wie in Kapitel 3 ausgeführt, werden zudem die Instrumente der Entwicklungszusammenarbeit im Energiebereich wenig und schlecht genutzt. Insofern ist nicht nur das derzeitige Fördervolumen angesichts der Herausforderungen nicht nachhaltiger Energiesysteme völlig unangemessen. Auch hinsichtlich der Investitionsschwerpunkte sind weniger konventionelle zentrale Systeme gefordert als solche, die den weit verstreuten und minimalen spezifischen Verbrauchsmustern dieser Länder angepasst sind. Die Armen im Süden werden sich den unmäßigen Energieverbrauch in den reichen Ländern niemals leisten können. Hinzu kommt: Wenn die unnötige Verschwendung in den Industrieländern durch die technisch mögliche Senkung des Pro-Kopf-Energieverbrauchs beendet würde, könnte auch die Ausbeutung der Öl- und Gasressourcen zeitlich gestreckt und für die Versorgung der Armen sowie für zukünftige Generationen genutzt werden. Im Pro-Kopf-Verbrauch könnte es dadurch langfristig zu einer Annäherung kommen, wenn der unabdingbare Zuwachs in den Entwicklungsländern durch eine absolute Reduktion in den Industrieländern kompensiert wird.

6.2.3 Strategische klima- und umweltpolitische Initiativen

(1636) Vom Ansatz her gibt es Schritte in die richtige Richtung: Hunderttausende von solaren Lampen wurden zum Beispiel in den Entwicklungsländern installiert, neuerdings werden Schulen mit Solarenergie versorgt, die EU finanziert mit den ASEAN-Ländern ein Programm über Energieeffizienz und erneuerbare Energien, und es gibt z. B. eine „Barcelona-Erklärung“ des EU-Rates zur Energiezusammenarbeit aller Mittelmeerländer. Aber gemessen an den Erwartungen der breit angelegten Energieinitiative, wie von der G8-Arbeitsgruppe vorgeschlagen (siehe unten), ist dies ein Tropfen auf einen heißen Stein.

(1637) Nachhaltige Energieversorgung neu in den Mittelpunkt der internationalen Entwicklungspolitik zu stellen (mainstreaming), ist also eine der wichtigen Aufgaben für die Zukunft. Es wäre aus vielen Gründen – auch im wohlverstanden Eigeninteresse – sinnvoll, wenn die EU und auch Deutschland in dieser Frage eine Führungsrolle übernehmen würden. Denn zweifellos wäre die Erhöhung des Etats der ODA auf 0,7 % des BSP und eine steigende Verwendung für den Aufbau nachhaltiger Energiesysteme im Süden auch ein Beitrag zur Exportförderung von einheimischen REG- und REN-Technologien sowie zur Ökologisierung der Außenwirtschaftspolitik. Allerdings geht es dabei nicht nur um die Frage, wie die Chancen für wirtschaftliche und soziale Entwicklung in Entwicklungsländern mit Umweltzielen verknüpft, Exportchancen für deutsche Anlagen und Dienstleistungen und first-mover advantages im Interesse der Wirtschaft und der Sicherung von Arbeitsplätzen ausgenutzt werden können. Vielmehr hängt auch die Glaubwürdigkeit und die Akzeptanz von Kooperationsvorschlägen der Industrieländer gegenüber den Entwicklungsländern, aber auch gegenüber den multinationalen Konzernen, davon ab, wie einzelne Industriestaaten oder deren Allianzen ihre häufig angekündigte Vorreiterrolle durch konkrete Vorleistungen gegenüber dem Süden unter Beweis stellen. Verhaltenskodizes für transnationale Konzerne und Finanzinstitutionen im Sinne von „Global Citizens“ und UN-Aktivitäten wie der von Kofi Annan initiierte „Global Compact“ würden gegenüber der Privatwirtschaft mehr Überzeugungskraft und moralischen Druck entfalten, wenn die Nationalstaaten bei der ODA mit gutem Beispiel vorangingen. Nicht nur bei der Bekämpfung der Ursachen von Armut, Ausbeutung, Unterentwicklung und Terrorismus würden dadurch Fortschritte erleichtert, sondern auch die Kooperationsbereitschaft des Südens bei der Implementierung der Klimakonvention würde gestärkt.

(1638) Energie hat zwar im Kioto-Prozess naturgemäß einen weitaus höheren Stellenwert als bei anderen internationalen Abkommen, da ihre zentrale Rolle bei der Klimaproblematik nicht zu übersehen ist. Zu begrüßen ist auch, dass dabei auf einige durchgängige Schlüsselfragen hingewiesen wird, wie die Finanzierung, Versicherung und die Weitergabe von Technologie. Wichtig ist auch die Forderung einer stärkeren technologischen Zusammenarbeit, der Ausbildung von Fachkräften oder auch die Zertifizierung der Produkte. Aber im Kioto-Protokoll sind Energieeffizienz und erneuerbare Energien auch nur zwei von insgesamt acht Prioritäten. Im Zusammenhang mit der Diskussion der weltweiten Wirksamkeit des Instrumentariums zur Förderung einen nachhaltigen Entwicklung ist es darüber hinaus wichtig zu beachten, dass selbst die nicht ausreichenden derzeitigen Finanzierungsmittel der offiziellen Entwicklungszusammenarbeit die der Klimaabkommen um Größenordnungen übersteigen. Ein wesentlicher Schlüssel, um die Entwicklung nachhaltiger Energiesysteme in der Dritten Welt umfassend in den Griff zu bekommen, liegt daher dabei, bei der Entwicklungszusammenarbeit der Energie ein wesentlich höheres Finanzvolumen einzuräumen.

(1639) Hinsichtlich der Schwerpunkte einer nachhaltigen Energiepolitik bei der internationalen Zusammenarbeit mit dem Süden setzt sich zusehends die Einsicht durch, dass die Energieversorgung des ländlichen Raums aus vielen Gründen in den Vordergrund gestellt werden muss. Dies folgt nicht nur aus der Tatsache, dass in vielen Entwicklungsländern noch immer die weit überwiegende Mehrheit der Bevölkerung auf dem Lande wohnt. Auch das soziale Problem der Landflucht, insbesondere seitens der Jugendlichen, kann durch die energieabhängige Verbesserung der Lebens-, Arbeits- und Ausbildungsbedingungen auf dem Land leichter gelöst werden.

(1640) Die oben zitierten 2 Mrd. Menschen ohne Zugang zu kommerziellen Energieträgern befinden sich zumeist in den Entwicklungsländern, aber auch in den ländlichen Regionen der großen Schwellenländer. Für sie hat der Verbrauch von Energie in Subsistenzwirtschaft viele negative Folgen wie gesundheitliche Belastungen (z. B. durch Luftverschmutzung in Räumen wie auch draußen sowie lange Wege bei der Beschaffung von Brennmaterial[34])

34 Im Durchschnitt benötigen Frauen in Entwicklungsländern neun bis zwölf Stunden pro Woche und Männer fünf bis acht Stunden pro Woche für das Sammeln von Feuerholz und Dung. In abgeholzten Gegenden, wo diese Brennstoffe noch rarer sind, verbringen die Frauen

oder Verlust der natürlichen Lebensgrundlagen durch Entwaldung. Durch moderne Energiedienstleistungskonzepte könnten diese minimiert werden. Wenn die häuslichen und landwirtschaftlichen Versorgungsfunktionen effizienter und mit besseren Energieformen erfüllt werden könnten, hätten viele dieser Menschen zudem erstmals die Möglichkeit, einem Broterwerb nachzugehen oder ihren Bildungsstand zu verbessern.[35]

(1641) Generell können die für Entwicklungsländer typischen Disparitäten in den Lebens- und Einkommensverhältnissen zwischen Stadt und Land durch eine Strategie der ländlichen Energieversorgung mit abgebaut werden. In den städtischen Räumen in Entwicklungsländern sind Haushalte typischerweise ab einem Einkommen von ca. 1 000 Dollar pro Jahr elektrifiziert.[36] In den ländlichen Räumen ist dagegen das Einkommensniveau zumeist niedriger, zusätzlich ist eine netzgebundene kommerzielle Energieversorgung im ländlichen Raum in den meisten Entwicklungsländern relativ zum Einkommen viel teurer als in den Industrieländern, da die ländlichen Räume oft dünner besiedelt und schlechter zugänglich sind, und mit finanziellen Rückflüssen auf die Investitionen aufgrund fehlender Zahlungsfähigkeit, -bereitschaft oder anderen Faktoren nur in beschränktem Maß zu rechnen ist. Daher sind zum Beispiel dezentrale solare Stromversorgungssysteme (als Vorstufe für eine allgemeine Netzanbindung) wie z. B. „Solar Home“ oder auch „Solar Village“-Systeme in Verbindung mit einer effizienten Nutzungstechnik (z. B. für Beleuchtung, Kühlgeräte, Radio, TV) unter entsprechenden finanziellen und logistischen Voraussetzungen (z. B. Mikrokredite, Wartung, Reparaturen) wesentliche Strategieelemente einer ländlichen Elektrifizierung.

(1642) Die Diskussion und die Implementierung der zu ergreifenden Maßnahmen ist allerdings nur mit intimen Kenntnissen über die jeweilige Situation vor Ort und nur in Kooperation mit den dort verankerten gesellschaftlich relevanten Gruppen (insbesondere auch NGOs) erfolgreich durchzuführen. Auch eine Einengung auf einzelne Energieträger ist nicht zielführend.[37] Man sollte sich insbesondere darüber klar werden, ob bei der Suche und Finanzierung einer lokal angepassten spezifischen Lösung vor allem die lokale Situation verbessert werden soll oder ob vorwiegend das Ziel verfolgt wird, „external benefits“ (bzw. negative externe Kosten, z. B. eine Verminderung des CO_2-Ausstoßes) mit zusätzlichem Mitteleinsatz zu unterstützen. Die Weltbank weist darauf hin, dass Solarenergie, Windenergie und Kleinwasserkraft oft ideal für die Dorfversorgung sind.[38] Auf der Ebene der globalen politischen Programmatik gab es hierfür einen Durchbruch durch die Entscheidung der Staats- und Regierungschefs der G8 im Jahre 2000, eine eigene Arbeitsgruppe („Task Force“) zur internationalen Verbreitung der erneuerbaren Energien einzusetzen. Diese kam im folgenden Jahr zu dem Schluss, dass es notwendig und möglich wäre, in zehn Jahren 1 Mrd. Menschen mit modernen erneuerbaren Energien auf der Basis einheimischer Ressourcen zu versorgen. Im Hinblick auf die Rio+10-Konferenz im Jahr 2002 in Johannesburg hat die Task Force folgende Empfehlung ausgesprochen:

> „The Task Force believes that the G8 should give priority to efforts to trigger a step change in renewable energy markets. Concerted action is needed, particularly to benefit the more than 2 billion people in developing countries who do not have access to reliable forms of energy. G8 Leaders are invited to make a political commitment now, building on their vision in setting up the Task Force. Action has to be taken on a sustained basis with particular emphasis on the next decade. With this in mind it is particularly important that discussions to promote renewables take place in fora such as the World Summit on Sustainable Development.“[39]

(1643) Zwar muss dieser Vorschlag in erster Linie als eine politisch zu verstehende Manifestation verstanden werden, da zur Durchführung innerhalb von zehn Jahren eine weltweite revolutionäre Kampagnenform notwendig wäre – eine unter den derzeitigen internationalen Rahmenbedingungen wenig realistische Annahme. Andererseits ist aber auch „symbolische Politik“ ein Ausdruck veränderten Denkens in der internationalen Politik und schafft Ansatzpunkte dafür, Ankündigungen auch einzufordern und schneller als bisher in die Tat umzusetzen. In diesem Zusammenhang vertritt die Energie-Enquete-Kommission die Auffassung, dass die eigene Vorbildrolle der Industrieländer durch verstärkten Einsatz von REG-Energien und deren Integration in nationale Energieeffizienzstrategien in den Industrieländern einen wesentlichen Demonstrationseffekt für die oben angesprochene weltweite Implementierungsstrategie bewirken würde.

(1644) Die europäische Industrie hat ihrerseits erklärt, welche Marktpotenziale und Geschäftsfelder sie im Rahmen einer weltweiten Markteinführungsstrategie für die regenerativen Energien sieht. Die Windbranche könnte z. B. weltweit mit 1 200 GW 10 % der bis 2020 von der IEA projizierten Stromgesamtkapazität bereitstellen.[40] Die Photovoltaikindustrie hält es für möglich, ebenfalls bis 2020 eine Mrd. Menschen – gerade in den oben angeführten Dörfern der Entwicklungsländer – versorgen zu können.[41] Mit 276 TWh könnten 30 % der elektrischen Versorgung Afrikas durch Photovoltaik abgedeckt werden, und auch für Europa wird ein Deckungsanteil von 10 % für möglich gehalten. Bis 2040 könnte die europäische Industrie

bis zu zweieinhalb Stunden täglich mit dem Sammeln von etwa 6 Kilogramm Feuerholz, um ihre Haushalte mit Energie zu versorgen. (Vgl. Moody-Stuart u.a. 2001). Auch für das Pumpen von Trinkwasser ist Energie notwendig. Dafür sowie für die Informations- und Kommunikationstechnologien eignet sich Elektrizität besonders gut.

[35] Vergleiche Wimmer (2001), Moody-Stuart u. a. (2001).

[36] Vergleiche Weltbank ESMAP (2000).

[37] Vergleiche Christensen (2001), Pershing (2001).

[38] Vergleiche Weltbank (1996).

[39] Moody-Stuart u. a. (2001).

[40] Vergleiche UNDP u. a. (2000).

[41] Vergleiche Greenpeace/EPIA (2001).

sogar 26 % des weltweiten Strombedarfs – an Energie und nicht nur Leistung – aus Photovoltaik bereitstellen.

(1645) Für Biomasse gibt es solche Abschätzungen nicht. Und doch gibt es Studien, die davon ausgehen, dass die Biomasse das größte Entwicklungspotenzial unter allen erneuerbaren Energieträgern haben könnte.[42] Schon heute entspricht die in Form von Holz, Abfall und Dung für Energiezwecke verbrauchte Biomasse der gesamten Kohleproduktion der Vereinigten Staaten – nur dass Biomasse in dieser traditionellen Verwendungsform alles andere als nachhaltig ist (siehe oben). Durch eine Vielzahl von Untersuchungen ist aber belegt,[43] dass eine Modernisierung (z. B. durch Biomasse-Vergasung) und eine nachhaltige Nutzung der Biomasse möglich ist, und dass ihr nachhaltiger Einsatz gerade auch in EL stark ausbaufähig ist. Die Vielfalt und Komplexität der Technologien sowie deren Integration in die Land- und Forstwirtschaft und in kooperative Logistiksysteme macht die Potenziale und Nutzungsformen von Biomasse allerdings weniger leicht darstellbar und stellt an ihre Implementierung höhere – auch soziale – Ansprüche als etwa bei der Photovoltaik.

(1646) Angesichts seiner Pionierfunktion für Technologien, Fördermechanismen und Märkte für erneuerbare Energien, die Deutschland seit einigen Jahren wahrnimmt, hat es eine wichtige Demonstrationsfunktion von „Good-Practice"-Konzepten und generell für die Markteinführung von erneuerbaren Energien übernommen. Denn trotz anhaltender Diskussionen über die Rolle und Kosten von Markteinführungsinstrumenten (wie z. B. des EEG) ist doch unbestritten, dass der Anteil der REG erheblich angehoben und mit einer weit effizienteren Nutzung von Energie verbunden werden muss. Niemand könnte daher der deutschen Energiepolitik den Vorwurf machen, dass sie anderen ein Energiekonzept aufdrängt, das sie für den Eigengebrauch ablehnt. Hinzu kommt der ethische Anspruch, Initiativen im eigenen Land, die hier vor allem der Zukunftssicherung dienen, in der Entwicklungszusammenarbeit zur unmittelbaren Linderung bitterster Not verstärkt nutzbar zu machen.

(1647) Was die konkreten Strategien einer langfristigen, globalen und nachhaltigen Energieentwicklung im Süden angeht, so sind deren Eckpunkte häufig beschrieben worden. Dazu gehören etwa der Ausbau von an den örtlichen Verbraucherbedürfnissen orientierten Marktstrukturen und die Information der Verbraucher; die Stärkung der regionalen Kaufkraft; Marktpreise, die den realen Kosten entsprechen und möglichst einen Teil der externen Kosten miteinbeziehen; Institutionen und Organisationsformen für eine dezentrale Kreditvergabe (z. B. Mikrokredite)[44] und in jedem Fall Zuschüsse für die Ärmsten, insbesondere für solche Formen der erneuerbaren Energien, die wie z.B. die Photovoltaik mit hohen Investitionskosten verbunden sind; die Einbeziehung der Menschen, NGOs und Strukturen vor Ort (Partizipation); die Stützung der Nachhaltigkeit von regionalen Märkten statt zentraler Planung; eine Partnerschaft aller Akteure; die Verbreitung von „Erfolgsstories"; die Zertifizierung und Standardisierung der Produkte, usw.

(1648) Hervorgehoben werden sollte aber erneut, dass zu einer effektiven und weltweit wirksamen Entwicklungszusammenarbeit sowohl die finanziellen Mittel erheblich aufgestockt als auch an das Konzept der nachhaltigen Entwicklung konkret angepasste Programme entwickelt werden müssen. Beides liegt derzeit im Argen. Vor allem die nachhaltige Bereitstellung von Energiedienstleistungen muss dringend einen zentralen Platz in den Programmen erhalten; nicht nur einige wenige privilegierte Entwicklungsländer sollten dabei in den Genuss der Entwicklungszusammenarbeit kommen, sondern die breite Masse der ärmsten; schließlich sollte auch die in den entscheidenden Verwaltungen der Geberorganisationen manifest bestehende „Technophobie", die sich leichter tut mit Straßenbau als mit komplexer Energietechnik, abgebaut werden; dabei sollten auch die enormen, aber weithin noch verkannten Potenziale der erneuerbaren Energien und der Effizienzsteigerung den Hilfeempfängern wie den Geberakteuren nahegebracht werden.

6.2.4 Leitideen und Instrumentarien für nachhaltige Energiesysteme

6.2.4.1 Leitideen und Grundsätze

(1649) Internationale Organisationen wie z. B. die Weltbank setzen heute klarere klima- und unweltpolitische Akzente als noch vor einigen Jahren. Richtungsweisend sind die im Folgenden zusammengefassten Leitideen, wie sie in der Publikation „Energy after Rio" des United Nations Development Program (UNDP)[45] zusammengefasst wurden:

(1650) Um diese Leitideen in die Praxis einer nachhaltigen Energiepolitik und in ein konkretes Instrumentarium umzusetzen, ist eine Verständigung über die beiden folgenden Prinzipien notwendig:

1. Vorrang für gesellschaftliche Leitziele: Ein intelligenter Mix aus Markt und Regulierung ist notwendig.

(1651) Die Kernfrage auch für Entwicklungsländer ist, wie Rahmenbedingungen und „ökologisch-ökonomische Leitplanken" geschaffen werden können, damit einzelwirtschaftliche Interessen, private Gewinnorientierung und die Anreizstrukturen in der Energiewirtschaft mit der gesellschaftlichen Zielsetzung einer nachhaltigen Entwicklung in Einklang gebracht werden können. Die kapitalistische Marktwirtschaft hat historisch eine riesige Vermehrung wirtschaftlichen Reichtums für ein Weltbevölkerungsminderheit, aber keinen „Wohlstand für alle" und schon gar nicht eine Sicherung der natürlichen Lebensgrundlagen für zukünftige Generationen gebracht. In

[42] Vergleiche dazu auch Kapitel 3.

[43] Vergleiche z. B. Goldemberg/Johansson u. a. (1995).

[44] Vergleiche auch Wimmer (2001).

[45] Vergleiche UNDP (1996).

Kasten 6-2

Leitideen nach UNDP

UNDP formuliert folgende Leitideen für „zukunftsfähige Energiestrategien“ aus dem besonderen Blickwinkel der Entwicklungsländer:

– Konzeptionelle Betonung von Energiedienstleistungen (statt von Kilowattstunden)
– Förderung von effizienten Märkten für Energiedienstleistungen
– Staatliche Intervention zugunsten des Marktzugangs zu Energiedienstleistungen in ländlichen Regionen
– Einbeziehung von sozialen Kosten in Entscheidungskalküle auf den Energiemärkten
– Beschleunigung der Entwicklung und Marktdurchdringung von zukunftsfähigen Technologien
– Aufbau einheimischer Kapazitäten (Capacity building) in Entwicklungsländern
– Ermutigung der Partizipation breiter gesellschaftlicher Gruppen an Entscheidungsprozessen im Energiesystem

Fehlsteuerungen muss dann zum Wohle aller eingegriffen werden, wenn – wie in der Klimaschutzpolitik – die Selbststeuerung durch Adam Smith’s „unsichtbare Hand“ und durch einen ungezügelten Weltmarkt den „(Natur-) Reichtum der Nationen“ und die natürlichen Lebensgrundlagen irreversibel zu zerstören droht. Daher ist auch eine vorurteilsfreie Analyse der Stärken und Schwächen der energiepolitischen Instrumente notwendig: So richtig es ist, dass freie Märkte und Wettbewerb mächtige Triebkräfte der Effizienzsteigerung und Innovationsmotoren sein können, so naiv wäre die Hoffnung, dass hierdurch gesellschaftlich erwünschte Ziele wie Armutsbekämpfung und wirtschaftliche Entwicklung, soziale Gerechtigkeit, Umwelt- und Klimaschutz und Zukunftsfähigkeit quasi im marktwirtschaftlichen Selbstlauf und richtungssicher „entdeckt“ werden. Märkte und Wettbewerb sind perspektivisch blind, wenn auch als Mittel zur Erreichung gesellschaftlicher Zukunftsziele bei klug gesetzten gesellschaftlichen Rahmenbedingungen sehr effizient. Daher darf nicht der Markt die Ziele setzen, sondern die Gesellschaft bzw. die Politik muss über ihre gewünschten Entwicklungsperspektiven und ihre energiepolitischen Leitziele demokratisch entscheiden.

2. Integration von globalen und sektor- bzw. akteursspezifischen Instrumentenbündeln („Policy-Mix“)

(1652) Unbeschadet der weltweit anhaltenden Diskussion über die zukünftige Rolle der Kernenergie und über die möglichen Potenziale von neuen Zukunftstechniken kann auf der Basis vorliegender Weltenergieszenarien und deren Technologiecluster[46] festgestellt werden: Eine klimaverträgliche und risikominimierende weltweite Energiepolitik beruht wesentlich auf „drei grünen und dezentralen Säulen“, nämlich auf dem Vorrang der rationellen Energienutzung (REN), der verstärkten Nutzung der Kraft-Wärme-/Kälte-Koppelung (KWK/K) und der forcierten Markteinführung der regenerativen Energien (REG). Wenn auch die Potenziale, die konkreten Technologien, die Kosten, die Bandbreite der Nutzung und das Tempo der Marktdiffusion länderspezifisch enorm differieren können, so kann diese Aussage doch für die meisten Länder – auch im Süden – verallgemeinert werden.

(1653) Darüber hinaus lässt sich hinsichtlich der Instrumente feststellen, dass die Deregulierung, Entmonopolisierung und wettbewerbsförmige Steuerung der Energiemärkte nicht nur in Industrie-, sondern auch in Entwicklungsländern eine wesentlichen Rolle für die Erschließung von Effizienzpotenzialen spielen. Aber für eine nachhaltige Entwicklung gerade auch in Entwicklungsländern reichen diese Formen der Selbststeuerung nicht aus. Vielmehr bedarf die Etablierung die genannten „drei grünen Säulen“ der offensiven Flankierung durch ein „Policy-Mix“. Dabei handelt es sich um eine länderspezifisch zu konkretisierende Kombination energiepolitischer Instrumente – sowohl mehr Wettbewerb und Markt als auch ökologische Leitplanken und Regulierung sind notwendig. Die folgende, nicht abschließende Auflistung enthält typische Instrumente, die im Rahmen dieses „Policy Mix“ gerade auch in Entwicklungs- und Transformationsländern zu Anwendung kommen können:

– Einführung globaler, über den Preis bzw. über die Mengen steuernde Instrumente (z. B eine aufkommensneutrale Energiesteuer oder Zertifikate);
– Leitzielorientierte Energiepolitik, d. h. Festlegung, Fortschreibung und Evaluierung von nationalen und sektorspezifischen quantifizierten Eckpunkten für die Energiepolitik;
– Capacity Building: Aus- und Weiterbildung, Aufbau von „Energy Service Companies“ (EsCos) für Impulsberatung und/oder Contracting-Aktivitäten (s. u.);
– Anschubfinanzierung durch ökologisch unbedenkliche Förderprogramme für die Markteinführung von REG und Effizienztechniken, z. B. für die energetische Gebäudesanierung;

[46] Vergleiche Kapitel 3 sowie Schrattenholzer (2000).

– Markteinführungsprogramme durch Bündelung kaufkräftiger Nachfrage („Procurement“) und durch ökologisches Beschaffungswesen in staatlichen und privaten Großinstitutionen;

– ordnungsrechtliche Vorschriften für maximale Energieverbräuche von Geräten, Gebäuden und Verkehrsmitteln;

– freiwillige Vereinbarungen (z. B. CO_2-Reduktionsziele von Industrieverbänden) und Selbstverpflichtungen der öffentlichen Hände (ökologische Beschaffung und Procurement);

– Institutionalisierung von internationalen Märkten für Energiedienstleistungen durch Drittfinanzierungsmodelle (Third Party Financing, Contracting) sowie DSM bzw. IRP-Programme;

– Kennzeichnungs- (Labelling-), Informations-, Motivations- und Energieberatungsprogramme;

– bilaterale Kooperationsmodelle in der internationalen Klimaschutzpolitik und in der Entwicklungszusammenarbeit sowie

– Nutzung von Joint Implementation (JI) und Clean Development Mechanism (CDM) zur Erschließung zusätzlicher kosteneffektiver CO_2-Reduktionspotenziale sowie für die Beschleunigung des Technologie- und Know-how-Transfers in Entwicklungs- und Transformationsländern.

(1654) Dieser „Policy-Mix“ aus länder-, sektor- und zielgruppenspezifischen Instrumentenbündeln ist für die Etablierung einer nachhaltigen weltweiten Energiepolitik grundlegend, wobei die Besonderheiten einzelner Länder und Ländergruppen berücksichtigt werden müssen. Einen für alle Länder und Rahmenbedingungen erfolgreichen Königsweg zur Zukunftsfähigkeit gibt es nicht.

6.2.4.2 Ansätze für eine Weltenergiepolitik

(1655) Eine integrierte und kohärente Weltenergiepolitik kann auf absehbare Zeit schon deshalb nicht stattfinden, weil hierfür die internationalen Institutionen mit entsprechendem Mandat und die im Rahmen der UN akzeptierten Rahmenbedingungen noch weitgehend fehlen. Auch die Verständigung auf gemeinsame Leitlinien und Grundsätze wie auch die Koordinierung und Kooperation bei internationalen energiepolitischen Aktivitäten findet nur begrenzt statt. Selbst die EU hat noch kein energiepolitisches Mandat gegenüber ihren Mitgliedsstaaten, obwohl sie durch Empfehlungen und zunehmend auch durch bindende Direktiven ihre energiepolitische Kompetenzen ausbaut.

(1656) Auch im Rahmen der UN werden in jüngerer Zeit verstärkt Aktivitäten unternommen, z. B. durch die Einrichtung des UN Committee on New and Renewable Sources of Energy und durch das UNDP Energieprogramm, die Möglichkeiten und Auswirkungen einer verstärkten Nutzung von erneuerbaren Energien zu evaluieren. Aber auch die Einrichtung einer World Solar Commission und des World Solar Summit in Harare 1996 haben „das institutionelle Defizit im Bereich der Organisation des Übergangs zu erneuerbaren Energien“[47] nicht beheben können: „Eine Organisation nach dem Vorbild des internationalen Atomenergieagentur in Wien (abgesehen von deren Kontrollfunktion) zur Weiterverbreitung erneuerbarer Energien wäre ein entscheidender Schritt in die richtige Richtung“.[48] In eine ähnliche Richtung gehen die Initiativen von Eurosolar (siehe unten).

(1657) Der WBGU hat sich in Gutachten und Policy Papers nicht nur generell mit „New Structures for Global Environment Policy“[49] auseinandergesetzt, sondern auch in Richtung auf Johannesburg Eckpunkte für eine „Global Energy Strategy“[50] entwickelt. Die Enquete-Kommission unterstützt die folgenden vom WBGU benannten Eckpunkte für eine Weltenergiestrategie:

– Das Klima muss erfolgreich geschützt und die Energiesysteme umgebaut werden.

– Eine Weltenergiecharta ist zu verabschieden.

– Subventionen für nichtnachhaltige Energieversorgung müssen abgebaut und externe Kosten internalisiert werden.

– Ziele für erneuerbare Energien sind zu entwickeln und Energieeffizienz ist zu fördern.

– Der Klimaschutz muss durch veränderte Verkehrspolitik forciert werden.[51]

(1658) Die Enquete Kommission begrüßt den integrierten Ansatz des WBGU, der das Zusammenwirken von Effizienz und Solarenergie in den Mittelpunkt stellt. Die Enquete-Kommission hält es darüber hinaus für notwendig, dass der Vorschlag des WBGU zur Bildung einer „Earth Alliance“ im Rahmen der UN (mit den drei übergreifenden Feldern „Earth Assessment, Earth Organisation and Earth Funding“) von der Bundesregierung auf seine Implementierungschancen hin sorgfältig geprüft wird. Darüber hinaus wäre zu präzisieren, wie die strategischen Aktivitäten für eine nachhaltige Weltenergiestrategie hiermit verzahnt werden können.

(1659) Hinsichtlich der zusätzlichen Finanzierungsquellen unterstützt die Enquete-Kommission den Vorschlag des WBGU, zweckgebundene Abgaben der Nutzer der „global commons“ (z. B. internationaler Luftraum, hohe See, Atmosphäre) zum Schutz dieser Gemeinschaftsgüter zu erheben. Dabei würde zum Beispiel bereits ein minimaler Aufschlag auf die Verbrennung fossiler Energien ausreichen (siehe unten), um enorme Mittel für einen nachhaltigen Umbau des Weltenergiesystems zu generieren (allein 500 Mrd. Euro wurden z. B. 1999 für den Kauf von Rohöl aufgewandt).

(1660) Auch die CSD hat sich in ihrer 9. Sitzung ausführlich mit dem Thema Energie befasst. Der vorberei-

[47] Hein (2001).

[48] Hein (2001).

[49] Vergleiche WBGU (2001a).

[50] Vergleiche WBGU (2001b).

[51] Vergleiche WBGU (2001b).

tende CSD-Bericht für Johannesburg[52] enthält einen Abschnitt (226) zum Thema „Access to Energy and Energy Efficiency“, den die Enquete-Kommission sich ohne Einschränkung zu eigen macht.

(1661) Darüber hinaus hat die Kommission im Folgenden eigene Vorschläge für beispielhafte internationale Aktivitäten zur Umsetzung einer nachhaltigen Weltenergiepolitik zusammengefasst:

Kasten 6-3

Vorschläge der Enquete-Kommission für eine nachhaltige Weltenergiepolitik

1. Aufbau einer Internationalen Agentur für Energieeffizienz und Solarenergie sowie Aufbau eines Netzwerkes regionaler Agenturen in CIS und EL; Koordination durch eine internationale Agentur für Energieeffizienz und Solarenergiewirtschaft

Aufgabe dieses Netzwerkes von regionalen Agenturen ist die Markteinführung von REN, KWK/K und REG durch Information, Weiterbildung, Workshops, Pilot- und Demonstrationsprojekte sowie durch Unternehmens- und Politikberatung zu fördern. Durch den Netzwerkansatz und durch die dezentrale Projektstruktur kann auf die regionalen Besonderheiten flexibel regiert werden. Die von Eurosolar vorgeschlagene neue weltweite Organisation könnte die Rolle eines Koordinators übernehmen.

2. Erschließung neuer Finanzmittel

Zur Finanzierung einer weltweiten nachhaltigen Energiepolitik könnte zum Beispiel von allen Annex-I-Ländern eine Abgabe auf den Primärenergieverbrauch von 1 US-$ pro Tonne Öläquivalent (toe) erhoben werden. Daraus würde sich ein jährlicher Fondsbeitrag der OECD-Länder von etwa 4,5 Mrd. US-$ und der USA von 2,3 Mrd. US-$ ergeben (siehe auch weiter unten zur Finanzierung).

3. Welteffizienzkonferenzen in Kooperation mit dem Word Energy Council (WEC)

Die WEC bildet seit Jahrzehnten ein einflussreiches Forum für die weltgrößten Energieanbieter und für angebotsorientierte Energiestrategien. Wenn weltweit ein Vorrang für die rationellere Energieumwandlung und -nutzung umgesetzt werden soll, dann müsste im Rahmen der WEC oder als Ergänzung ein vergleichbares Weltforum im 3-Jahres-Turnus zum Informationsaustausch, zur Öffentlichkeitsarbeit und für Business-Kontakte für REN, KWK und REG aufgebaut werden.

4. Popularisierung von Demand Side Management (DSM) und der Integrierten Ressourcenplanung (IRP)

Unter der Federführung von UNDP und mit Unterstützung von UNEP, GEF, Weltbank und den E7 sollte eine Serie von Workshops und ein Pilot-, Demonstrations- und Förderprogramm zur Popularisierung und weltweiten Einführung von DSM/IRP, vor allem auch in Entwicklungsländern (z. B. in China, im Nahen Osten, in Lateinamerika) durchgeführt werden. Jährliche Berichte an die Commission for Sustainable Development (CSD) über die Umsetzung und deren Publikation im Rahmen der UNFCCC würden dazu beitragen, das DSM/IRP-Konzept in der Klimaschutzpolitik rascher durchzusetzen. Neben der Verankerung von DSM/IRP-Prozeduren in die jeweiligen nationalen Energie- und Unternehmenspolitiken könnten dadurch auch Datenbanken über kosteneffektive „Best Practice“-Projekte aufgebaut und eine Etablierung eines aussagefähigeren Systems der volkswirtschaftlichen Nutzen- und Vollkostenrechnung von Energieprojekten erfolgen. Nicht zuletzt würde die Einbeziehung von effizienzorientierten Projekten in den CDM und JI durch die Standardisierung von Evaluierungs- und Verifizierungsprozeduren erleichtert.

5. Neue Prioritäten für F&E/D und für die internationale Projekt- und Kreditförderung

Die OECD, die IEA, die Weltbank und andere internationale Finanzorganisationen sollten darauf hinarbeiten, dass die nationalen Forschungsbudgets stärker auf die Erforschung, Entwicklung und Markteinführung von (System-) Techniken der rationelleren Energieumwandlung und -nutzung in Verbindung mit erneuerbaren Energien konzentriert werden. Das Gleiche gilt für die Kredit- und Projektfinanzierung internationaler Finanzinstitutionen und die verstärkte Dezentralisierung und Ökologisierung der Kreditvergabe.[53]

[52] Vergleiche CSD (2002). Veröffentlicht unter http://www.un.org/esa/sustdev/.

[53] Vergleiche auch Kapitel 6.2.5.

6.2.5 Öffentliche und öffentlich gebundene Finanztransfers

(1662) Aus den Mitteln für die Entwicklungszusammenarbeit im Bundeshaushalt 2002 (3 881 Mio. €, 1,6 % des Bundeshaushalts) gehen etwa 1 000 Millionen an internationale Finanzierungsinstitutionen und Entwicklungsbanken. Die Selbstverpflichtung der Industrieländer in der Rio-Deklaration zur Erhöhung der offiziellen Entwicklungshilfeausgaben auf 0,7 % des BIP ist jedoch auch in Deutschland mit 0,26 % im Jahr 2001 bei weitem noch nicht erreicht. Davon entfällt wiederum nur ein kleiner Anteil auf den Energiesektor. In den Verlautbarungen des Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung ebenso wie in den entsprechenden Dokumenten der Europäischen Union fehlt hier der Einzelausweis, der der tatsächlichen Bedeutung des Energieproblems für eine nachhaltige Entwicklung gerecht würde.

(1663) Neben der direkten Entwicklungshilfe zählt das Schlussdokument der UN-Konferenz „Internationale Konferenz über Entwicklungsfinanzierung“ vom 18. bis 22. März 2002 in Monterrey/Mexico fünf weitere energierelevante Aktionsbereiche auf: Mobilisierung der einheimischen Ressourcen, Mobilisierung internationaler Ressourcen, insbesondere privatwirtschaftlicher Art, internationaler Handel, Schuldenerlass und die Erhöhung der Konsistenz des internationalen Geldwirtschafts-, Finanzierungs- und Handelssystems. Im Rahmen der Strategie des Finanz- und Technologietransfers zur nachhaltigen Entwicklung des Energiesystems sollten alle diese Wege institutionell genutzt und umgesetzt werden. Dabei wäre ein Schuldenerlass für die ärmsten Entwicklungsländer verbunden mit konkreten Kooperationsangeboten und Zuschüsse für Projekte der nachhaltigen Entwicklung von enormer Bedeutung. Zwar hat die Konferenz in Hinblick auf die Finanzierung einer nachhaltigen Entwicklung keinen Durchbruch erzielt, aber dennoch in einigen Punkten Fortschritte erbracht und Hindernisse auf dem Weg zum Umweltgipfel in Johannesburg ausgeräumt. Hierzu gehören Beschlüsse zur Erhöhung der ODA, zur Bedeutung der Entwicklungspolitik als Bestandteil einer wirkungsvollen Sicherheitspolitik, zur Klärung des Konzepts der „guten Regierungsführung“ und zur Notwendigkeit einer stärkeren Repräsentanz der Entwicklungsländer bei Entscheidungsprozessen über globale Wirtschafts- und Finanzfragen. Allerdings verpflichtete sich die EU, bis 2006 ihren Durchschnittsbeitrag nur von heute 0,33 % auf 0,39 % zu erhöhen.

(1664) Die volumenmäßig wichtigsten Akteure im Bereich des Finanz- und Technologietransfers sind die nationalen und multilateralen Entwicklungsbanken. Bei der Verwendung öffentlicher Gelder sollte besonderes Augenmerk auf der Zielorientierung des Einsatzes und der Effektivität des Transfers liegen. Für eine nachhaltige Entwicklung wäre entscheidend, dass sichergestellt wird, dass die Vergabe wie auch die Evaluierung der Wirkung öffentliche Kredite an Nachhaltigkeitskriterien ausgerichtet wird. Über Umfang, Zielrichtung, Kriterien und Konditionen für solche Kredite sollte die interessierte Öffentlichkeit regelmäßig informiert werden, um die Akzeptanz für die Verwendung von mehr Steuermitteln für die Entwicklungszusammenarbeit zu erhöhen. Dies gilt auch für die deutschen Hermes-Bürgschaften.

(1665) Ergänzend zu den öffentlichen Krediten der Weltbank und der IFC (International Finance Corporation) sowie anderer Institute, die sich zum Beispiel bis zum Jahr 2000 für die erneuerbaren Energien auf 700 Mio. US-$ beliefen,[54] richtet sich das Interesse auf die neu geschaffenen „Kioto-Instrumente“. Wie groß ihr Effekt in bezug auf nachhaltige Energieversorgung sein wird, hängt davon ab, ob und inwieweit hierdurch tatsächlich ein zusätzlicher Kapital- und Know-How-Transfer in Gang gesetzt wird Dies ist zu diesem Zeitpunkt schwer abzuschätzen. Eine Obergrenze für die Höhe der Emissionsreduktionsverpflichtungen, die im eigenen Land zu erbringen sind, besteht derzeit nicht, so dass theoretisch ein großer Teil der einzusparenden Emissionen der Annex-I-Staaten durch CO_2-emissionsvermeidende CDM- und JI-Projekte in Entwicklungsländern erbracht werden könnten.

(1666) Im Rahmen der Kioto-Verhandlungen lag ein Vorschlag der EU auf der CoP 6 vor, wonach die Unterstützung der Entwicklungsländer auf 450 Mio. US-$ im Jahr angehoben werden sollte, wovon vor allem die Globale Umweltfazilität (siehe unten) profitieren würde. Dies stellt wohl eine Obergrenze dar. Daneben wird abzuwarten sein, wie sich der Emissionshandel und CDM – JI betrifft eher die Transformationsländer – für die Entwicklung eines nachhaltigen Energiekonzeptes in den Entwicklungsländern wird nutzen lassen. Skepsis ist geboten, was die Möglichkeiten der Verbreitung einer Vielzahl von kleinen dezentralen Energieanlagen durch diese Instrumente angeht, da der CDM einem solchen Konzept wenig angepasst ist. Was die Mini-Stromanlagen zur Grundversorgung der Dörfer betrifft, so ist generell von Instrumenten, die auf der Anrechnung vermiedener Emissionen basieren, kein großer Effekt zu erwarten, weil die Emissionsreduktion durch Anlagen auf der Basis von Photovoltaik relativ gering und die Probleme bei der Verifikation relativ groß sind.

(1667) Auf der CoP 7 der Klimarahmenkonvention in Marrakesch wurde intensiv darüber diskutiert und ein Exekutivrat eingesetzt, der schon jetzt über die Anerkennung von CDM-Projekten entscheiden soll. Damit sind CDM und JI schneller realisierbar als der Emissionszertifikatehandel. CDM-Projekte sind meist privatwirtschaftliche Investitionen und werden derzeit überwiegend von transnationalen Konzernen in Entwicklungsländern getätigt, wie die Pilotprojekte im Rahmen des Prototype-Carbon-Funds gezeigt haben.[55] Damit entsprechen sie zwei Trends des derzeitigen Instrumentariums des Finanz- und Technologietransfers: Einerseits dem Trend zur Einbindung des privaten Sektors und andererseits dem Konzept der Additionalität.

(1668) Der Additionalität unterliegen sowohl die Globale Umweltfazilität als auch der Emissionshandel. Ebenso

[54] Vergleiche Martinot (2001).

[55] Vergleiche Streck (2001).

unterliegt der Additionalität das bisher im Rahmen des Prototype Carbon Funds praktizierte System der CO_2-Kredite, die wohl auch dem CDM zugrunde liegen werden. Hierbei werden dem jeweiligen Projekt besondere Zuschüsse zugeführt, die entweder Mehrkosten durch umweltfreundliche Ausführung decken sollen oder besonders umweltfreundliche Aspekte des Projekts in der geplanten Ausführung belohnen. Dies trifft z. B. für die Bezahlung für CO_2-Vermeidung zu, so dass Anreize für umweltverträgliche Ausführungen geboten werden. Manche umweltentlastenden Projekte werden auf diese Weise überhaupt erst in den Gewinnbereich geführt. In der supranationalen Diskussion auf UN-Ebene wurde auch der Ruf nach einem nach dem Vorbild der Globalen Umweltfazilität modellierten Fond für Energie zur Nachhaltigen Entwicklung laut.[56]

(1669) Die in Rio gegründete Globale Umweltfazilität („Global Environment Facility"/GEF), die hauptsächlich von europäischen Regierungen gespeist wird, wurde schnell zum wesentlichen internationalen Finanzierungselement für Anschubfinanzierungen und Subventionen im Umweltbereich. Vor allem die Weltbank, die ja keine eigenen Subventionsmittel hat, greift darauf für ihre Energieprojekte zurück.

(1670) Experten auf der Anhörung der Energie-Enquete-Kommission votierten für eine Aufstockung der Mittel der GEF sowie für die Öffnung der GEF für die direkte Zusammenarbeit mit anderen Agenturen (außer der Weltbank, UNEP und UNDP).[57] Die Kommission unterstützt die Forderung nach einer noch im Jahr 2002 anstehenden Wiederauffüllung der GEF in der von der Bundesregierung abgestrebten Höhe, die das Volumen gegenüber der zweiten Wiederauffüllung 1998 um 35 % erhöht. Die Erweiterung des Kreises der Institutionen, die Projekte direkt mit der GEF abwickeln können, ist zu begrüßen, wenn die Qualität der unterstützten Projekte gewährleistet bleibt. Mittelfristig muss die GEF als zuverlässiger Finanzierungsmechanismus etabliert werden beziehungsweise ein im Rahmen der angestrebten Umgestaltung der internationalen Umweltgovernance vergleichbarer Mechanismus daraus entwickelt werden.

6.2.6 Privatwirtschaftliches Engagement

(1671) In der letzten Dekade des 20. Jahrhunderts gewannen Investitionen des privaten Sektors in Entwicklungsländern zunehmend an Bedeutung: Die langfristigen Kapitalflüsse in Entwicklungsländer in der Form von Direktinvestitionen, Auslandskrediten und Equity Investments vervierfachten sich zwischen 1990 und 1997. Nach Angaben der Weltbank wurden von 1990 bis 1999, vor allem in Lateinamerika und Ostasien, 733 Energieprojekte mit privatwirtschaftlicher Beteiligung durchgeführt, die einem Investitionsvolumen von 186,7 Mrd. US-$ entsprechen.[58] Das größte Wachstum erfuhr dabei der Elektrizitätssektor, in dem allein 600 Projekte mit einem Volumen von 160 Mrd. US-$ in 70 verschiedenen Ländern umgesetzt wurden. Die Einbindung des privaten Sektors in die Arbeit der Entwicklungsbanken ermöglicht zweifellos eine Vervielfachung auf das sechs- bis achtfache der Projektvolumina.[59] Allerdings ist umstritten, inwieweit dieses zusätzliche Finanzierungsvolumen tatsächlich der nachhaltigen Entwicklung in den Schuldnerländern zugute kommt und inwieweit es auch dazu beiträgt, eine tatsächliche Entwicklungspartnerschaft zum beiderseitigen Nutzen zu begründen.

(1672) Privatwirtschaftliche Akteure könnten prinzipiell an einer Verstetigung und langfristigen Nutzung ihrer Investitionen schon aus Eigeninteresse und in größerem Maße interessiert sein als es für die projektorientierten Entwicklungsbanken zutrifft. Privatwirtschaftliche Akteure können in direkten Kontakt mit dem „Kunden" treten, ihr Expertenwissen einbringen und haben direkten Anreiz zur effizienten Wirtschaftsweise – alle diese Aspekte sind nach Meinung der G8 Renewable Task Force Schlüsselfaktoren für den Erfolg von Projekten beim Neuaufbau von Energieversorgung in Ländern des Südens.[60]

(1673) Dadurch könnte ein Engagement von Unternehmen als „Global Corporate Citizen" im Sinne der arbeits- und völkerrechtlichen sowie ökologischen Grundprinzipien des „Global Compact" befördert werden.[61] Es wird jedoch auch offenbar, welche Rahmenbedingungen notwendig sind, um den quantitativ ansteigenden Trend zu stabilisieren und um die Anlagenschwerpunkte für privates Kapital im Sinne der Nachhaltigkeit zu sichern: Die Investitionen in Entwicklungsländern sind einerseits sowohl mit höheren politischen Risiken als auch mit höheren wirtschaftlichen Risiken verbunden, zum Beispiel durch Wechselkursschwankungen. Der ökonomische Einbruch in Südostasien 1997 führte zum Beispiel zu einem Abknicken des Aufwärtstrends in den Energieprojekten um 30 Mrd. US-$ und in den Kapitalflüssen um 70 Mrd. US-$.[62] Stabilisierende Rahmenbedingen einer Weltwirtschaftsordnung und der weltwirtschaftlichen Vernetzungen im Hinblick auf die Vermeidung solcher Krisen ist unbedingt geboten, wenn private Investition ohne Kofinanzierung und Risikoverminderung durch Entwicklungsbanken in größerem Umfang getätigt werden sollen. Andererseits besteht hinsichtlich der Anziehung von privatem Kapital für die Entwicklungs- und Schwellenländer ein entwicklungspolitisches Dilemma: Zum einen müssen sie investitionsfreundliche Rahmenbedingungen schaffen, die Kapitalrückflüsse ermöglichen. Der zunehmende Trend zur Liberalisierung in vielen Entwicklungsländern[63] ist eine dieser Rahmenbedingungen, insofern er zu einem höheren Maß an Transparenz und

---

56 Vergleiche UN ECOSOC (2001).

57 Vergleiche z. B. Jahnke (2001), Kroh (2001).

58 Vergleiche Izaguirre (2000).

59 Vergleiche Westphal (2001), Jahnke (2001).

60 Vergleiche Moody-Stuart u.a. (2001).

61 Vergleiche Annan, Kofi (1999): Rede beim Weltwirtschaftsforum in Davos 1999 zur Gründung des Global Compact. (http://www.un.org).

62 Vergleiche Annan, Kofi (1999): Rede beim Weltwirtschaftsforum in Davos 1999 zur Gründung des Global Compact. (http://www.un.org).

63 Vergleiche Izaguirre (2000), IPCC (2000b).

Zugänglichkeit der Märkte führt. Dazu sollte auch durch einen weitgehenden Subventionsabbau für fossile Energieträger beigetragen werden, die allein in Nicht-OECD-Staaten etwa 60 bis 70 Mrd. US-$ jährlich betragen.[64] UNEPTIE[65] dokumentiert, welche negativen Folgen für Preise, Verfügbarkeiten und Energieeffizienz von sog. perversen Subventionen ausgehen können. Zum anderen sind jedoch die Investitionsschwerpunkte des privaten Kapitals keineswegs automatisch deckungsgleich mit nationalen Politikzielen oder mit den Zielsetzungen einer nachhaltigen Entwicklung. Insofern ist auch eine Integration privater und öffentlicher Finanzierungsquellen anzustreben, um die Kapitaldefizite im Süden auszugleichen.

(1674) Es zeichnet sich auch ein Trend zur geographischen Diversifizierung ab: Während 1990 noch alle Auslandsdirektinvestitionen in nur fünf Länder (darunter China, Indien, Argentinien und Brasilien) flossen, bekamen die führenden fünf Länder 1997 bis 1999 nur noch 56 % der Investitionen ab. Afrika ist jedoch auf der Karte von Energieprojekten der Weltbank unter Beteiligung der Privatwirtschaft noch weitgehend ein weißer Fleck. Hier und in anderen ärmeren und ärmsten Entwicklungsländern kann der Aufbau einer nachhaltigen Energienutzungs- und -versorgungsstruktur auf absehbare Zeit nicht auf die Unterstützung der etablierten Finanzinstitutionen aus den Industrieländern verzichten.

(1675) Zur Bekämpfung der Armut in diesen Ländern ist es nicht nur notwendig, die prinzipiell lukrativere kommerzielle Bereitstellung von Energiedienstleistungen in den Städten zu organisieren, sondern zunehmend auch lokale Wirtschaftskreisläufe mit angepasster, sauberer Energie zu versorgen und damit die Produktivität, Effizienz und Umweltfreundlichkeit gerade auch im ländlichen Raum zu erhöhen (siehe weiter oben). Dafür existieren erfolgreiche Geschäftsmodelle wie das der Grameen Shakti Bank in Bangladesh, die mit einem innovativen System von Mikrokrediten viele Bewohner der ländlichen Gebieten erreicht und in die Lage versetzt, zusätzlich zur traditionellen Subsistenzwirtschaft marktfähige Handwerksprodukte zu erzeugen und Einkommen zu generieren.[66] Zudem ermöglicht der direkte Zugang zu den Nutzern von Energie, der durch die dezentrale und kleinteilige Mikrokreditvergabe garantiert ist, dass die richtige regionale Energiequelle für den jeweiligen örtlichen Bedarf und die spezifischen Bedürfnisse der Landbevölkerung eingesetzt wird. Aber auch diese auf den ländlichen Raum zugeschnittenen Finanzierungsmodelle können nicht ohne Kapital aus den Industrieländern initiiert werden. Startkapital („seed capital“) und niedrige Zinsen („patient capital“) sind notwendig, um die ersten Jahre solcher Projekte zu überwinden. Wenn für eine Zeit auf Kreditrückzahlungen verzichtet werden kann und die Möglichkeit besteht, die Rückflüsse aus einem Projekt zunächst in die rasche Ausbreitung und die Stabilisierung der Projekte zu investieren, können solche energiebezogenen Modelle sehr effektive Mittel zur Reduzierung der Armut und einer nachhaltigen ländlichen Entwicklung sein.

(1676) Für die Instrumente der Umsetzung vor Ort sind im Prinzip viele weitere Optionen denkbar. Allein, es fehlt bisher an wirklich bewährten Erfolgsrezepten. Wie weiter oben bemerkt, greifen zum Beispiel Liberalisierungsansätze in den Energiemärkten der Entwicklungsländer nicht ohne weiteres. Will man die bisher in Europa mit der Einführung innovativer Energiesysteme gemachten Erfahrungen nutzen, so bietet sich die Art von Investitionshilfen durch Zuschüsse oder Zinsverbilligung an, die in Deutschland thermisch genutzten Solar- und Biomasseanlagen sowie der Photovoltaik gewährt werden und die zu einer erheblichen Entwicklung des einheimischen Marktes geführt haben. Feste Einspeisetarife wie im EEG kommen für eine allgemeine Anwendung nur in bereits weitgehend entwickelten Netzsystemen in Betracht. Das gleiche gilt auch für Quotenregelungen.

6.2.7 Capacity Building

(1677) Vor dem Hintergrund all dieser Einzelmaßnahmen sollte nicht vergessen werden, dass das eigentliche Ziel der Kooperation mit Entwicklungsländern die nachhaltige Entwicklung und Verbesserung der Lebensumstände der Menschen im Süden ist. Dafür müssen die endogenen Entwicklungspotenziale gestärkt und Hilfe zur Selbsthilfe angeboten werden. In diesen Tenor stimmen heute auch viele transnationale Unternehmen ein, wie zum Beispiel auf dem Second Environment Forum von Daimler-Benz und UNEP in Magdeburg oder durch die Leitung der G8 Task Force durch Mark Moody-Stuart, den Chairman der Royal Dutch/Shell Group, klar wurde: Auch die Global Pplayers brauchen insoweit eine nachhaltige Entwicklung in den Entwicklungsländern, um Export- und Arbeitsmärkte längerfristig zu erhalten und sind daher heute eher bereit, auch ökologische und soziale Entwicklungen zu berücksichtigen.

(1678) Dazu gehört prinzipiell auch, die Energiewirtschaft in einer Form auszugestalten, dass sie dem kulturellen Kontext und dem Wissens- und Ausbildungsstand vor Ort besser als bisher angepasst wird. Capacity building bedeutet in diesem Zusammenhang, dass die importierten Technologien so weit wie möglich auch mit lokal verfügbaren Arbeitskräften, Werkzeugen und Ersatzteilen wieder instand gesetzt werden können. Hierzu sind Ausbildungs- und Trainingsmaßnahmen unumgänglich.

(1679) Um die jeweils angepasste Technologie zu identifizieren und soweit wie möglich mit lokalen Ressourcen vor Ort zu etablieren, sollte der Norden Beratungs- und Ausbildungskapazitäten bereitstellen. Aufgrund der unterschiedlichen geographischen und sozio-ökonomischen Gegebenheiten in Industrie-, Schwellen- und Entwicklungsländern können, falls wirklich eine nachhaltige Entwicklung nach den jeweiligen regionalen Leitzielen angestrebt ist, nicht die Verbrauchs- und Versorgungsstrukturen sowie die großtechnischen Energiekonzepte aus den nördlichen Ländern im Süden kopiert werden. Der Süden sollte vielmehr gezielt und eigenständig Beratungsleistungen in internationalen Netzwerken nachfragen können und damit

[64] Vergleiche UNEP/IEA (2001).

[65] Vergleiche UNEPTIE (2001).

[66] Vergleiche Wimmer (2001).

die Strukturen vor Ort in der für die Bedürfnisse der Menschen und für die natürlichen Lebensgrundlagen geeignetsten Weise umgestalten.

(1680) Der Know-How- und Kapitaltransfer zur Flankierung einer nachhaltigen Entwicklung im Süden sollte daher in erster Linie darauf gerichtet sein, Abhängigkeiten abzubauen und alle Faktoren eines sich selbst tragenden wirtschaftlichen Entwicklungsprozesses im Süden zu stärken. Dem Süden sollten daher entsprechend seinen Entwicklungsbedürfnissen auch Beratungsleistungen durch internationale Netzwerke angeboten werden, um daraus eigenverantwortlich die für die lokalen Strukturen, die Bedürfnisse der Menschen und zum Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen angepassten Technologien und Handlungskonzepte vor Ort auszuwählen und weiterzuentwickeln. Zu diesem Zweck hat UNEP ein Konzept für ein globales Kompetenznetzwerk von regionalen Institutionen, die Sustainable Energy Advisory Facility (SEAF), vorgelegt,[67] die ein viel versprechender Ansatz zu sein scheint.

6.3 Instrumente zur Förderung einer nachhaltigen Energiewirtschaft

(1681) Im Unterschied zur eher umfassenden Instrumentendiskussion der beiden früheren Enquete-Kommissionen geht es hier um eine möglichst prägnante Einordnung, Darstellung und Bewertung ausgewählter Instrumente, die die Kommission auf mittlere Sicht für besonders wichtig und zielführend für eine nachhaltige Energiewirtschaft hält und die daher besonders herausgehoben werden sollen. Diese bauen auf einer Fülle von einzelnen Untersuchungen und Gutachten zu energiepolitischen und Klimaschutzinstrumenten auf.[68]

(1682) Damit ist offenkundig, dass es weder um eine vollständige Darstellung aller in Frage kommenden Instrumentenkategorien im Sinne eines Kompendiums noch um eine umfassende Detaillierung und Bewertung der dargestellten Instrumente nach allen denkbaren Optionen und Kriterien im Sinne eines akademischen Lehrbuches geht. Die Aufgabe der Kommission bestand vielmehr darin, durch den bewussten Verzicht auf Vollständigkeit die Abhandlung eines solchen Instrumentenkapitels überhaupt erst darstell- und damit auch der Öffentlichkeit vermittelbar zu machen.

(1683) Gleichwohl bedeutet dieser Verzicht nicht, dass damit eine Beliebigkeit der zugrundegelegten Auswahl- und Bewertungskriterien einherginge. Vielmehr orientiert sich die Darstellung

– an der internationalen Instrumentendiskussion, wie sie beispielsweise der IPCC in seinem letzten Bericht geführt hat,[69]
– an der in Kapitel 6.1 vorgenommenen Strategieauswahl, die den Korridor in Frage kommender und für die Kommission als aussichtsreich angesehener Instrumente bereits eingrenzt, sowie
– an einem umfassenden Bewertungsraster (vgl. 6.3.1).

(1684) Bei den hier ausgewählten und im folgenden vorgestellten Instrumenten handelt es sich daher vor allem um neue Instrumente und Instrumententypen, die von der Kommission als besonders wirkungsvoll angesehen werden und von denen ein hoher Zielerreichungsbeitrag erwartet wird.

(1685) Darüber hinaus wurden schon in einzelnen Unterkapiteln des Kapitels 4 zum Teil sehr spezielle Handlungsoptionen und Maßnahmen angesprochen, die an dieser Stelle nicht noch einmal dargestellt werden sollen.

(1686) Die folgende Abbildung 6-1 verdeutlicht die idealtypische Abgrenzung der unterschiedlichen Begrifflichkeiten. Der diesem Kapitel zugrunde liegende Instrumentenbegriff liegt zwischen dem der reinen Instrumentenkategorie und der konkreten Ausgestaltung der jeweiligen Maßnahmen, geht also über eine abstrakte und häufig eher akademisch anmutende Beschreibung hinaus, ohne sich in den Details der Anwendung zu verlieren.

(1687) Grundsätzlich wird im folgenden zwischen internationalen und nationalen sowie zwischen globalen und sektor-/zielgruppen-/technologiespezifischen Instrumenten unterschieden, wobei erstere mehr die sektorübergreifenden Globalziele, letztere eher spezifische Teilziele verfolgen. Der Instrumentendiskussion vorgeschaltet werden einige methodische Vorüberlegungen sowie eine kurze Hemmnisübersicht als Motivation für einen gezielten Instrumenteneinsatz (6.3.1).

(1688) Auf der Grundlage der Ausführungen in diesem Kapitel wird in Kapitel 6.4 dann ein geeigneter Policy-Mix als Quintessenz der Empfehlungen der Kommission umrissen.

6.3.1 Methodische Vorüberlegungen zur Instrumentendiskussion

(1689) Art, Umfang und Dauer staatlicher Intervention in Wettbewerbsmärkte können aus den unterschiedlichen Fällen des Markt- und Wettbewerbsversagens abgeleitet werden. Durch die Liberalisierung der Energiemärkte hat sich der Begründungsdruck für den Einsatz staatlicher Instrumente erhöht, weil durch die Abschaffung des kartellrechtlichen Ausnahmebereichs und die Schaffung wettbewerblicher Teilmärkte (Erzeugung, Handel/Vertrieb) die bis dahin geltende A-priori-Vermutung eines generellen Marktversagens in diesen Bereichen aufgegeben wurde. Eine nur damit begründete generelle Kritik staatlicher Interventionen im Bereich der Energiepolitik läuft jedoch zumindest teilweise ins Leere. So werden beispielsweise die verschiedenen Hemmnisse im Substitutionswettbewerb zwischen Energie- und Kapitaleinsatz bei den Energieanwendern durch die Schaffung von Wettbewerb auf den Energieträgermärkten nicht abgebaut. Eine Begründung für energiepolitische Rahmensetzungen ist weiterhin, dass

[67] Vergleiche Christensen (2001).

[68] Vergleiche z. B. OTA (1995), Enquete (1995) Kapitel 7, IPCC (2001b), Liberalisierungsstudie, IIP (2001), Instrumentenstudie, Espey (2001), Wuppertal Institut (2001a).

[69] Vergleiche IPCC (2001).

Abbildung 6-1

Idealtypische Abgrenzung kategorisierender Begrifflichkeiten

<table>
<tr><td>Energiewirtschaftliche und -politische Oberziele
(z. B. Entwicklung eines nachhaltigen Energiesystems, Verringerung von Importabhängigkeit etc.)</td><td>Allgemeine Grundsätze und Leitbilder
(z. B. Primat der Politik, Stärkung der europäischen Ebene etc.)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Strategien / Handlungsentwürfe
(z. B. Ausschöpfung von Effizienzpotenzialen, Stärkung von Dezentralität etc.)</td></tr>
<tr><td>Sektorübergreifende Globalziele
(z. B. Erreichung konkreter CO_2 -Reduktionsziele, Abbau von Marktverzerrungen etc.)</td><td>Teilziele
(z. B. Vergrößerung des Anteils erneuerbarer Energien an der Wärmebereitstellung, Verbesserung der Stromeffizienz beim Endkunden etc.)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Instrumente
(Umsetzungskategorien zur Zielerreichung in Theorie und Praxis als Eingriffsmöglichkeiten der Politik)</td></tr>
<tr><td>Handlungsoptionen
(theoretische Konkretisierung der Instrumente sowie Spektrum spezifischer Ansätze zur Zielerreichung)</td><td>Maßnahmen
(praktische Ausgestaltung/Anwendung der Instrumente und konkrete Optionen zur Zielerreichung)</td></tr>
</table>

die nationalen und internationalen Strom- und Gasmärkte historisch und durch die Form der Marktöffnung erhebliche Wettbewerbsverzerrungen aufweisen, die durch horizontale und vertikale Konzentration, Fusionsprozesse, Oligopolbildung und Verdrängungskonkurrenz charakterisiert sind. Der Marktzutritt für Newcomer und die Etablierung einer Vielfalt von Anbieter wird dadurch erheblich erschwert. Neben der Ausgestaltung des Wettbewerbs der Endenergieanbieter bleibt die Beförderung eines funktionsfähigen Substitutionswettbewerbs zwischen Endenergie- und Effizienztechnologieanbietern eine zusätzliche und dauerhaft Aufgabe von Energiepolitik.

(1690) Gleichwohl bleibt der erhöhte Begründungsdruck für staatliche Interventionen ein politisches Faktum. Dem soll in der folgenden Darstellung dadurch Rechnung getragen werden, dass für jedes vorgeschlagene Instrument die wesentlichen Gründe dafür genannt werden.

(1691) Als wesentliche Gründe für staatliche Interventionen in die Energie- und Dienstleistungsmärkte sieht die Kommission an:

- Bereitstellung öffentlicher Güter / Verfolgung öffentlicher Ziele / Schutz der „Global Commons“ (z. B. Klima)
- Regulierung natürlicher Monopole (Transport- und Verteilnetze)
- Ermöglichung und Sicherung von Wettbewerb für die wettbewerblichen Sektoren (Erzeugung, Handel/Vertrieb) im Sinne eines „level playing field“ für alle Akteure
- Förderung der Substitutionskonkurrenz zwischen Energieträgern und Umwandlungstechniken
- Internalisierung externer Effekte
- Abbau von Markthemmnissen / Senkung von Transaktionskosten / Steigerung der Markttransparenz (sowohl im Bereich der Energieträgermärkte als auch hinsichtlich der Substitutionskonkurrenz zwischen Energie- und Kapitaleinsatz)
- Unterstützung des Strukturwandels zu einem nachhaltigen Energiesystem
- Eröffnung und Förderung von Innovationschancen (z. B. durch Forschung, Entwicklung und Demonstration sowie auch durch Markttransformationsprogramme).

(1692) Wo immer dies möglich ist, sollte der Staat langfristig und dauerhaft verlässlich wirkenden Instrumenten den Vorrang vor temporär eingesetzten und wirkenden Instrumenten geben. Falls der Einsatz letzterer notwendig ist, sollte darauf geachtet werden, dass die Wirkung ersterer nicht beeinträchtigt wird und regelmäßige Anpassungen vorgenommen werden.[70]

---

[70] Vergleiche auch Kapitel 6.4.

(1693) Für die Klassifizierung des energiepolitischen Instrumentenportfolios gibt es vielfältige Vorschläge, die sich zum Teil auf umweltökonomische Kategorisierungen stützen, zum Teil an Einflusssphären oder Bewertungskriterien ansetzen. Wie bereits erwähnt, folgt die Kommission einer Unterscheidung zwischen internationalen und nationalen sowie zwischen global wirkenden und spezifischen Instrumenten. Die spezifischen Instrumente werden für die Teilmärkte Strom, Wärme und Verkehr gesondert diskutiert und dort im Hinblick auf unterschiedliche, aus den Strategien ableitbare Teilziele klassifiziert. Diese Vorgehensweise hat den Vorteil, dass Teilziele und Instrumente getrennt diskutiert werden können und die mögliche Ablehnung von Teilzielen dennoch eine separate Diskussion und Bewertung der jeweiligen Instrumente ermöglicht.

(1694) Die Darstellung der Instrumente folgt zur besseren Vergleichbarkeit so weit wie möglich einem einheitlichen Schema. Dieses umfasst folgende sechs Punkte:

– Charakterisierung

– Begründung

– Zielsetzung (Haupt- und Nebenziele)

– Rechtliche Ausgestaltung

– Kurzbeschreibung

– Bewertung

(1695) Die Charakterisierung wiederum umfasst folgende sieben Fragestellungen:

a) Ist das Instrument energieträgerbezogen ausgestaltet?

b) Ist es technologiebezogen ausgestaltet?

c) Ist es sektorbezogen ausgestaltet (Haushalte, Industrie, GHD, Verkehr)?

d) Ist es akteursbezogen ausgestaltet?

e) Adressiert es gezielt einzelne oder mehrere Markthemmnisse?

f) Adressiert das Instrument bestimmte Marktphasen (geschützter, Pionier-, unreifer, reifer Markt)?

h) Knüpft das Instrument an einem bestimmten Punkt des Produktlebenszyklus an?

(1696) Die Bewertung des Instruments orientiert sich an folgendem Kriterienkatalog, wobei nur jeweils die aus Sicht der Kommission wesentlichen Bewertungskriterien herangezogen werden sollen.

Oberkriterium	Einzelkriterium
Zielerreichung	Effektivität / Zielereichung / Kontrollierbarkeit
	Spin-Offs / Erreichung von Nebenzielen
ökonomische Effizienz	(statische) Kosteneffizienz (inkl. administrativer Aufwand)
	Dynamische Effizienz
	Verursachergerechtigkeit
Umsetzbarkeit	Finanzierbarkeit
	EU-Verträglichkeit
	Politische Durchsetzbarkeit
Umsetzungsqualität	Praktikabilität
	Soziale Verträglichkeit / gesellschaftliche Akzeptanz
	Wettbewerbsförderung
	Markt / Wettbewerbs-konformität
	Kompatibilität mit anderen Instrumenten
	Flexibilität / Modifizierbarkeit
	Transparenz
	Trade-Offs / Umfeldauswirkungen

(1697) Abweichungen von dem Darstellungsschema lassen sich bei einzelnen Instrumenten nicht vermeiden, sollen aber die Ausnahme bleiben.

6.3.2 Ausgewählte internationale Instrumente

6.3.2.1 Flankierung der Globalisierung

(1698) Politische Maßnahmen mit internationalem bzw. globalem Bezugsrahmen gewinnen für die Gestaltung eines nachhaltigen Energiesystems zunehmend an Bedeutung. Dies betrifft zunächst die Weiterentwicklung der verschiedenen Rahmenvereinbarungen bzw. anderer Schlüsselaktivitäten, dazu gehören neben den in Kapitel 6.2. behandelten Aspekten u. a.

– die Klimarahmenkonvention, Kioto-Protokoll und Folgeregelungen (v. a. hinsichtlich der zweiten Verpflichtungsperiode: Wiedereinbeziehung der USA, Einbeziehung von Schwellen- und Entwicklungsländern etc.);

– die WTO und die laufenden Welthandelsrunden;

– die Einbeziehung weiterer Staaten (v. a. Russlands) in die Energiecharta und deren Weiterentwicklung;

– die Intensivierung des Dialogs mit den Energieerzeugerländern.

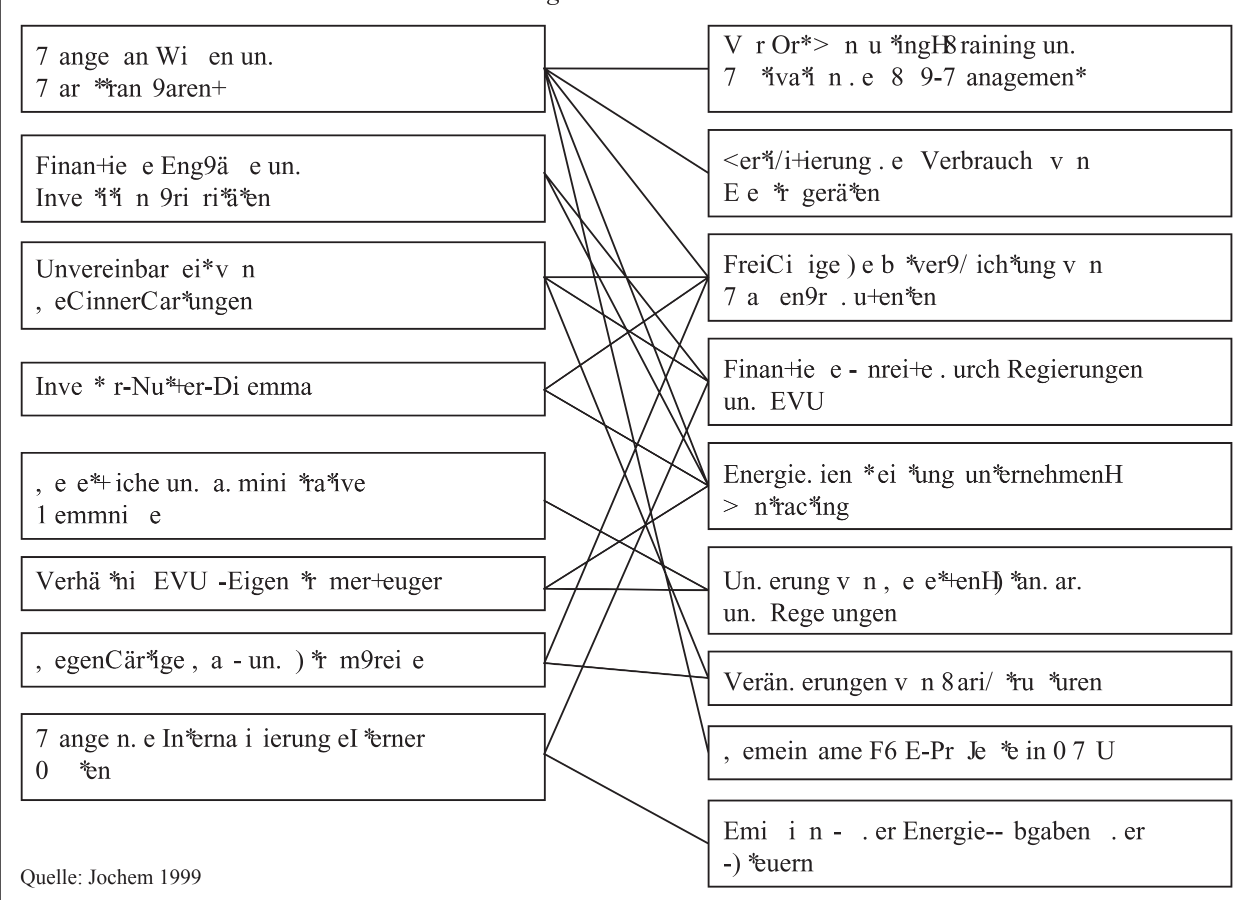
(1699) Vor allem im Bereich der Klimarahmenkonvention bietet eine zielgerichtete Nutzung der flexiblen Mechanismen des Kioto-Protokolls eine ganze Reihe von Vorteilen. Die Kommission hat die flexiblen Instrumente des

Kasten 6-4

Hemmnisse auf dem Weg zu einer nachhaltigen Energiewirtschaft

Nicht zuletzt in den früheren Energie-Enquete-Kommissionen wurden die vielfältigen Marktbarrieren und Hemmnisse, die einer Umsetzung klimapolitischer Optionen und Instrumente entgegenstehen, bereits intensiv und umfassend untersucht.[71] Die folgende Abbildung bietet in diesem Zusammenhang noch einmal exemplarisch einen groben Überblick über allgemeine Hemmnisse sowie eine Zuordnung zu ausgewählten Instrumenten für ihren Abbau:

Hemmnisse und Instrumente zu ihrer Handhabung



Quelle: Jochem 1999

Neben der Betrachtung dieser allgemeinen Hemmnisse identifizierte die Kommission in ihrem Ersten Bericht bereits eine Reihe von Hemmnissen, die durch die Globalisierung und die Liberalisierung der Energiemärkte entstanden sind. Dazu gehören neben einer Abnahme nationalstaatlicher Steuerungsmöglichkeiten insbesondere die Erosion von Gemeinwohlaspekten in wirtschaftlichen Entscheidungsprozessen sowie die allgemeine Zunahme wirtschaftlicher Konzentration und Marktvermachtung. Schließlich wurden in den Unterkapiteln des Kapitels 4 bereits eine Reihe sehr spezieller sektor- bzw. technologiespezifischer Hemmnisse identifiziert, die hier nicht noch einmal aufgelistet werden sollen, die gleichwohl zur Begründung des Einsatzes spezifischer Instrumente herangezogen werden können.

[71] Vergleiche Enquete (1990), Enquete (1995).

Kioto-Protokolls sowie ihr Zusammenspiel untereinander bzw. mit anderen klimapolitischen Instrumenten intensiv untersuchen lassen.[72] Tabelle 6-2 zeigt die Ausprägungen der flexiblen Instrumente im Überblick. Wesentliche Vorzüge für eine Nutzung der flexiblen Mechanismen sind danach:

– die Erschließung kostengünstiger Minderungspotenziale,
– die Effekte im Bereich des Technologie- und Kapitaltransfers sowie
– die Erlangung von Wettbewerbsvorteilen bei frühzeitiger Anwendung.

(1700) Gleichwohl bleibt darauf hinzuweisen, dass die ökologische Integrität der flexiblen Mechanismen des Kioto-Protokolls keineswegs gesichert ist (Zusätzlichkeit, Baselines, Senken, „Hot Air“). Hier kann ein frühzeitiges Engagement bei den flexiblen Mechanismen dazu beitragen, dass De-facto-Standards geschaffen und dazu ein Beitrag zur Erhaltung der ökologischen Integrität geleistet werden kann.

(1701) Da insbesondere die projektbasierten Instrumente JI und CDM eine besondere Rolle spielen können (Technologietransfer, Einbeziehung von Unternehmen) schlägt die Kommission die Einrichtung eines spezifischen Fonds zur Einführungsunterstützung für die projektbasierten Mechanismen des Kioto-Protokolls vor (DUFleM – Deutsche Unterstützung für Flexible Mechanismen), der sich in seiner Ausrichtung und grundsätzlichen Ausgestaltung am niederländischen Vorbild orientieren soll.[73]

Schaffung des DUFleM-Fonds

Energieträgerbezogen?	Nein
Technologiebezogen?	Nein
Sektorbezogen?	Nein
Akteursbezogen?	Nein
Hemmnisbezogen?	Ja, Einführungshemmnisse für JI / CDM-Projekte
Marktphasenbezogen?	Ja, Einführungsphase für JI / CDM-Projekte
Produktlebenszyklus-bezogen?	Nein

Begründung der staatlichen Intervention

(1702) Die Maßnahme dient der schnelleren Verbreitung und der Senkung der Zugangshürden zu Klimaschutzmaßnahmen im Rahmen der projektbasierten Mechanismen des Kioto-Protokolls. Sie ist insbesondere für die Überwindung von Barrieren und die Marktintegration der Kioto-Mechanismen in der Einführungsphase vorgesehen.

Zielsetzung

(1703) Mit der Schaffung des DUFleM-Fonds werden verschiedene Ziele verfolgt:

– Die Akquisition von kostengünstigen Emission Reduction Units (ERU) und Certified Emission Reduction Units (CER) zur Erfüllung der internationalen Verpflichtungen. Nach derzeitiger Position Deutschlands sollen ERU und CER zum Leistungsnachweis in der ersten Verpflichtungsperiode nicht in Anspruch genommen werden. Sie können jedoch auch für die zweite Verpflichtungsperiode mit wahrscheinlich ambitionierteren Emissionsminderungszielen reserviert werden („Banking“).[74] Darüber hinaus können durch frühzeitige Nutzung die besonders kostengünstigsten Potenziale erschlossen werden.
– Mit einer breiteren Nutzung von CDM und JI sollen Beiträge zum Technologietransfer geleistet werden. Durch die bei allen Vorbehalten doch insgesamt anspruchsvollen Regeln der Kioto-Mechanismen, kann der Transfer innovativer Ideen wie auch die Diffusion bislang benachteiligter klimafreundlicherer Technologien ermöglicht werden. Mit einem frühzeitigen Engagement über einen öffentlichen Fond können anspruchsvollere (De-facto-)Standards („Golden Standards“) zur Erhöhung der ökologischen Integrität geschaffen werden.
– Durch die Fondslösung kann und soll zudem eine aktive Projektauswahl und -lenkung erfolgen. Dies betrifft nicht nur technologische Aspekte (erneuerbare Energien, effiziente Energienutzung, Ausschluss von nicht-nachhaltigen Technologien wie Hochrisikotechnologien) sondern z. B. auch die regionale Verteilung der Projekte nach entwicklungspolitischen Kriterien.
– Es können kleinere Projekte gebündelt bzw. Transaktionskosten gesenkt werden sowie auch eine stärkere Öffnung der flexiblen Mechanismen für kleine und mittlere Unternehmen ermöglicht werden.[75]
– In Deutschland sollen fachliche und institutionelle Kompetenzen im Bereich der internationalen Zusammenarbeit im Klimaschutz über flexible Mechanismen aufgebaut und entwickelt werden.

---

[72] Vergleiche Instrumentenstudie Endbericht.

[73] Die niederländische Regierung hat zwei Programme aufgelegt, ERUPT (Emission Reduction Unit Procurement Tender) für JI-Projekte und CERUPT für CDM-Projekte. Vergleiche dazu Instrumentenstudie, Endbericht, S. 50ff. sowie www.carboncredits.nl.

[74] Die „Banking“-Option der Marrakesch-Beschlüsse erlaubt unmittelbar das Banken von insgesamt 5 % der anfänglichen Assigned Amounts in Form von CERs (2,5 %) bzw. ERUs (2,5 %).

[75] Bisher sind im Bereich von JI und CDM vor allem Großunternehmen tätig. Weiterhin gehört es zu den inzwischen allgemein geteilten Ansichten, dass CDM- bzw. JI-Projekte vor allem wegen der Transaktionskosten eine bestimmte Mindestgröße haben sollten. In den niederländischen Programmen werden mindest 500 000 t CO_2-Minderung für JI- sowie 100 000 t CO_2-Minderung für CDM-Projekte vorausgesetzt. Dies entspricht auch den Erfahrungen, die deutsche Unternehmen im Rahmen der AIJ-Phase gesammelt haben. Kleine und mittlere Unternehmen sind bisher eher im Bereich der Entwicklungszusammenarbeit tätig. Die Verwendung von Mitteln der öffentlichen Entwicklungshilfe für CDM-Projekte ist jedoch nicht möglich.

Tabelle 6-2

Übersicht über die unterschiedlichen Ausprägungen der flexiblen Instrumete

	Internationaler Emissions-handel	**Joint Imple-mentation**	**Clean Development Mechnism**
Artikel im Kioto-Protokoll	17	6	12
Bezugsrahmen	Treibhausgasinventar	einzelne Minderungsprojekte	einzelne Minderungsprojekte
Einheit	Parts of Assigned Amounts (PAA)	Emission Reduction Units (ERU)	Certified Emission Reductions (CER)
Teilnehmer (Käufer & Verkäufer)	Annex I & Annex I	Annex I & Annex I	Annex I & Nicht-Annex I
Rechtlich verantwortlich (Käufer & Verkäufer)	Regierung & Regierung	Regierung & Regierung	Regierung & Regierung
Teilnahme juristischer Personen	(ja)	ja	ja
Anerkennung durch Regierung	-	notwendig	notwendig
Startjahr	2008	(2008)	2000
Austauschbarkeit (Fungibilität)	ja (VI.1.9. BA)	ja (VI.1.9. BA)	(ja) (VI.1.9. BA)
Beitrag zum Minderungsziel (Supplementarity)	„trading shall be *supplemental* to domestic actions“ (Art. 17 KP)	„aquisition of ERU shall be *supplemental* to domestic actions“ (Art. 6, 1. (d) KP)	„may use CER ... to contribute to compliance with *part* of their quantified emission limitation and reduction commitments“ (Art. 12, 3. (b) KP)
	„use of mechanisms shall be supplemental to domestic action and domestic action shall thus constitute a *significant* element“ (VI.1. 5. BA)		
Veräußerer von Emissionsrecht / Emissionsgutschrift unterliegt Minderungsverpflichtung	ja	ja	nein
Zusätzlichkeit (Additionality)	-	(ja)	ja
Zertifizierung	-	(nein)	notwendig
Zulässigkeit von Senken	-	ja	nur Auf- und Wieder-aufforstung bis zu 1% der Emissionen im Basisjahr (VII.7./8. BA)
Sanktion bei Nichterfüllung des Minderungsziels	Ausschluss vom Emissionshandel (VIII.2.(d) BA)	keine	-
Potenzielle Probleme für die ökologische Integrität	„Heiße Luft“	(keine)	Verlagerungseffekte, Senken
Share of Proceeds (Abgaben)	-	nein	*2 %* of CER (VI.10. BA)
Transaktionskosten	hohe Kosten bei der Implementierung des Handelssystems	hohe Kosten bei vielen Projekten	hohe Kosten bei vielen Projekten
Internationale Unternehmens-investitionen notwendig	nein	(ja)	(ja)

„–“ = nicht zutreffend; „( )“ = umstritten; KP = Kioto-Protokoll, BA = Bonn Agreement.

Quelle: Instrumentenstudie

Rechtliche Ausgestaltung

(1704) Es wird ein öffentlich-rechtlicher Fond geschaffen, der regelmäßige Ausschreibungen nach den einschlägigen EU-Regelungen vornimmt. Der notwendige Personalaufwand für den DUFleM-Fond dürfte sich – nach den niederländischen Erfahrungen – auf 10 bis 20 Personen belaufen. Für die Anerkennung der Projekte bedarf es der Unterzeichnung von entsprechenden Vereinbarungen (Memorandum of Understanding) mit den Nehmerstaaten, also einer Flankierung durch außenpolitische Aktivitäten.

(1705) Es sollten für einen Dreijahreszeitraum zunächst Mittel für drei Ausschreibungsrunden mit jeweils 50 Mio. € vorgesehen werden.

Kurzbeschreibung

(1706) Der DUFleM-Fond schreibt regelmäßig Tender für JI- und CDM-Projekte (jeweils getrennt) nach EU-Recht europaweit aus. Es werden Richtlinien für die Baseline-Bestimmung vorgegeben und ggf. weitere Spezifikationen vorgenommen (geografische Fokussierung, Spezifikation der Projekttypen etc.). Darüber hinaus werden die Verfahren für Validierung und Verifikation in Richtlinien niedergelegt. Die Ausschreibung der Tender erfolgt auf Grundlage einheitlicher Terms of Reference.

(1707) Die Prozedur wird entsprechend dem folgenden Schema vollzogen:

– Die jeweiligen Unternehmen entwickeln Investitionspläne für Projekte, bei denen die Durchführbarkeit und die Zusätzlichkeit der Emissionsminderung demonstriert werden muss, der Fonds leistet ggf. Unterstützung.

– Die Projekte werden an die jeweiligen Nehmerländer übermittelt und von diesen bestätigt.

– Wenn entsprechende Tender des DUFleM-Fonds ausgeschrieben werden, wird von den Unternehmen eine Interessenbekundung an den Fond übermittelt.

– Es erfolgt vom Fond eine Vorauswahl an Hand transparenter Kriterien. Die entsprechenden Unternehmen werden zur Abgabe eines detaillierten Angebots aufgefordert.

– Mit dem detaillierten Angebot müssen validierungsfähige Baselines übermittelt sowie die Anerkennung des Nehmerlandes beigebracht werden.

– Die Angebote werden vom DUFleM ausgewertet und hinsichtlich Durchführbarkeit bewertet. Die Rangfolge der Auswahl und der Vertragsabschluss folgen dem niedrigsten Angebotspreis für jeweils eine Tonne Treibhausgasvermeidung.

– Die Zahlungen erfolgen entsprechend den nachgewiesenen Treibhausgasminderungen, wobei auch Vorauszahlungen für Projekte ermöglicht werden können.

Bewertung

(1708) Mit dem Ausschreibungsverfahren wird ein starker Mechanismus zur Gewährleistung einer hohen wirtschaftlichen Effizienz etabliert. Die Erfahrungen der niederländischen ERUPT- bzw. CERUPT-Ausschreibungen bestätigen dies sehr deutlich.[76]

(1709) Mit einer Ausstattung von drei mal 50 Mio. € müssten CER und ERU für mindestens 6 bis 10 Mio. t CO_2-Äquivalent pro Jahr akquiriert werden können.

Mit derartigen Ausschreibungsmodellen wird Technologietransfer befördert, werden Handlungskapazitäten in den Geber- und den Nehmerländern aufgebaut und können zusätzliche Zugänge für kleine und mittlere Unternehmen geschaffen sowie langfristige Wettbewerbsvorteile erzielt werden. Schließlich kann sich die deutsche Politik mit umfangreicheren Umsetzungserfahrungen eine stärkere Position im internationalen Klimaprozess verschaffen.

6.3.2.2 Instrumente im Rahmen der Europäischen Union

a) Europäischer Emissionshandel

Energieträgerbezogen?	Nein
Technologiebezogen?	Nein (nur insofern, dass vorerst nur bestimmte Quellgruppen – CO_2 aus Verbrennungsprozessen – einbezogen werden)
Sektorbezogen?	Ja (in den realistisch zu erwartenden Ausgestaltungsvarianten)
Akteursbezogen?	Nein
Hemmnisbezogen?	Nein
Marktphasenbezogen?	Nein
Produktlebenszyklusbezogen?	Ja (bezogen auf die Nutzungsphase der Energieträger, zumindest bei den realistischerweise zu erwartenden Downstream-Varianten)

Begründung der staatlichen Intervention

(1710) Die mit handelbaren Zertifikaten flexibilisierte Mengensteuerung für Treibhausgasemissionen (Emissionshandel) bildet eine Variante der Internalisierung externer Effekte (in Bezug auf die anthropogene Klimaerwärmung) mittels global marktsteuernder Instrumente. Im Gegensatz

[76] Im Vergleich der ersten ERUPT-Tranche zur zweiten ERUPT- bzw. CERUPT-Ausschreibung wurde eine Kostenreduktion von durchschnittlich 8,5 €/t CO_2-Äqu. auf 4,7 (CERUPT) bzw. 4,8 €/t CO_2-Äqu. (ERUPT) erzielt. In der aktuellen CERUPT-Ausschreibung wurden 80 Interessenbekundungen mit einem gesamten Emissionsminderungsvolumen von 90 Mio. t CO_2-Äqu. abgegeben und Zuschläge für 26 Projekte in 13 Ländern mit einer Minderung von 32 Mio. t CO_2-Äqu. erteilt. Bei der jüngsten ERUPT-Ausschreibung wurden 27 Interessenbekundungen eingereicht und 6 Zuschläge für Projekte in 5 Ländern mit einem gesamten Minderungsvolumen von 5 Mio. t CO_2-Äqu. erteilt.

zum Emissionshandel im Rahmen des Kioto-Protokolls, der sich zunächst nur auf Mengenziele und Handelsmechanismen zwischen (Vertrags-) Staaten bezieht, erscheint es als sinnvoll, diesen Mechanismus auch für einzelne Wirtschaftssubjekte zu öffnen, um eine effiziente Ressourcenallokation über Marktmechanismen zu ermöglichen.

(1711) Grundsätzlich kann ein Emissionshandelssystem natürlich auch auf nationaler Ebene eingeführt werden (wie beispielsweise in Großbritannien und Dänemark für CO_2 und in den USA für SO_2 und NO_x bereits geschehen). Für die Europäische Union, die mit dem Kioto-Protokoll sowohl als Gemeinschaft als auch über die einzelnen Mitgliedstaaten verbindliche Verpflichtungen eingegangen ist, gleichzeitig aber über einen zunehmend integrierten Binnenmarkt verfügt, erscheint ein EU-weites Emissionshandelssystem als zielführendes, angemessenes und binnenmarktkompatibles Instrument angeraten.

Zielsetzung

(1712) Zielsetzung des EU-Emissionshandelssystems ist die Erreichung eines spezifizierten Emissionsminderungsbeitrages für Treibhausgase mit hoher Flexibilität und weitgehend marktgetriebener Allokation der Ressourcen für die Emissionsminderung in der EU für diejenigen Sektoren, bei denen dies – insbesondere vor dem Hintergrund der Transaktionskosten – sinnvoll erscheint.

Rechtliche Ausgestaltung

(1713) Die Implementierung eines EU-Emissionshandelssystems wird über eine Richtlinie der Gemeinschaft sowie die entsprechende nationale Implementierungsgesetzgebung erfolgen.

(1714) Der Entwurf für eine Richtlinie liegt vor, die Diskussion dazu war zum Zeitpunkt dieses Berichtes noch nicht abgeschlossen. Sie ist in hohem Maße kontrovers, die Kontroversen beziehen sich jedoch nur zum Teil auf die konkreten Regelungen und teilweise grundsätzlich gegen rechtlich bindende Verpflichtungen zur Treibhausgasminderung auf Unternehmensebene.[77] Auf nationaler Ebene sind die Schaffung eines Gesetzes zum Emissionshandel sowie entsprechender untergesetzlicher Regelungen erforderlich. In Abhängigkeit von der konkreten Ausgestaltung, v. a. hinsichtlich der Übertragung von Aufgaben an Private können auch noch weitere gesetzliche Maßnahmen (Beleihung) notwendig werden.

(1715) Die Abbildung 6-2 zeigt die verschiedenen Funktionen, die für ein Emissionshandelssystem implementiert werden müssen.

Kurzbeschreibung

(1716) Um ein funktionsfähiges Emissionshandelssystem etablieren zu können, müssen erstens eine ausreichende Zahl von Akteuren am System beteiligt werden, um eine ausreichende Liquidität des Marktes zu sichern. Zweitens müssen die Transaktionskosten (für Zertifizierung, Allokation der Emissionsrechte, Monitoring, Handel und Überprüfung) begrenzt werden, so dass für eine Teilnahme nur Akteure mit einer bestimmten Mindestausstattung bzw. -verpflichtung in Frage kommen sollten.

(1717) Vor allem aus Sicht der Transaktionskosten ergibt sich zunächst die Beschränkung auf die *energiebedingten CO_2-Emissionen,* für die die Emissionen sehr einfach und mit hoher Sicherheit über den Brennstoffeinsatz ermittelt werden können. Für allen anderen Treibhausgasemissionen ist der Aufwand für die Erfassung der Emissionen so hoch bzw. über die verschiedenen Technologien mit so hohen Unsicherheiten verbunden, dass eine Einbeziehung in das Emissionshandelssystem vorerst nicht in Frage kommt.[78]

Im Kontext der heute vor allem diskutierte *Downstream-Variante*[79] des Emissionshandels sprechen die meisten Argumente für eine Erstanwendung im Bereich der Energiewirtschaft und des produzierenden Gewerbes, z. B.

- ein großer Anteil an den gesamten Emissionen (in Deutschland ca. 50 %),
- große Anlageneinheiten mit gut erfassten bzw. gut erfassbaren Emissionsmengen,
- eine große Vielfalt der potenziellen Emissionsminderungsoptionen,
- eine ausreichende Akteurszahl, die in Zusammenhang mit den o. g. Aspekten eine gute Liquidität des Marktes für Emissionszertifikate erwarten lässt.

(1718) Die *Downstream*-Variante eignet sich dagegen *nicht* für Bereiche mit vielen Akteuren und jeweils kleinen Emissionsmengen wie privaten Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und den Verkehrsbereich. Hier kann allerdings die sogenannte *Upstream*-Variante des Emissionshandels oder eine Kombination mit *Midstream*-Varianten zum Einsatz kommen. Diese spezifischen Ausprägungen werden derzeit im wissenschaftlichen Diskurs erörtert, dessen Ergebnis jedoch noch offen ist.

(1719) Unter den verschiedenen Ausgestaltungsoptionen[80] hat sich die Europäische Kommission für eine *har-*

---

[77] Hinsichtlich der Diskussion in Deutschland vgl. exemplarisch BDI (2002) und DEBRIV (2001) als weitgehende Contra-Positionen sowie MWV (2002) und ZEW/Öko-Institut (2002) als Pro- bzw. konstruktive Positionen.

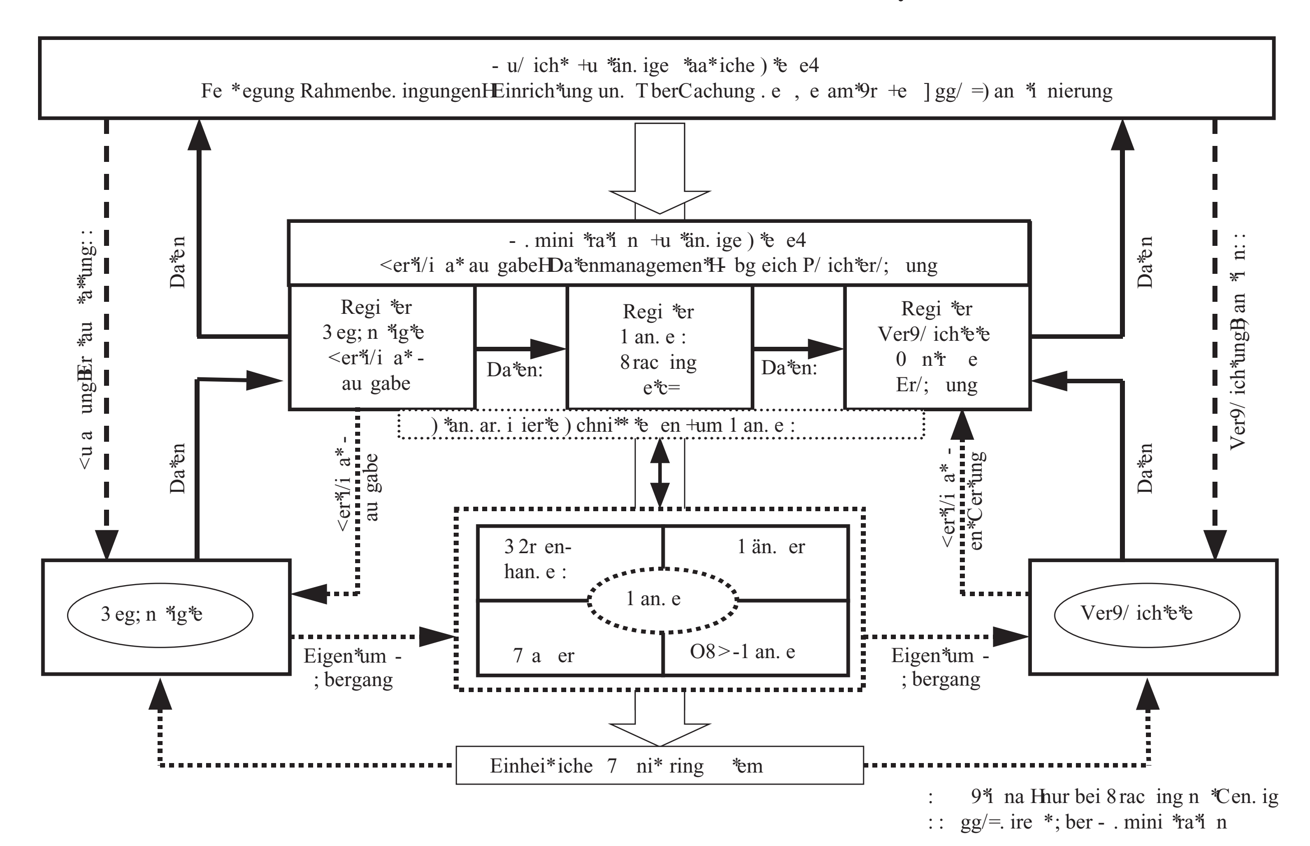
[78] Diesem Ansatz wird bei nahezu allen bisher implementierten Emissionshandelssystemen für Treibhausgase gefolgt. Eine Ausnahme bildet das unternehmensinterne System der BP, in dem auch Methan-Emissionen erfasst werden und einen erheblichen Beitrag zur Emissionsminderung erbringen. Aufgrund der spezifischen Gegebenheiten in der Mineralölindustrie (große Bedeutung der Methanemissionen bei wenigen typisierbaren Technologien im Bereich der Öl- und Gasförderung und -aufbereitung) lassen sich diese Erfahrungen jedoch nicht breiter übertragen.

[79] Bei der *Downstream*-Variante setzt die Mengensteuerung bei der Emission an, bei *Upstream*-Modellen ist die Mengensteuerung auf die Einsatzprodukte – und auf vorgelagerten Stufen der Distributionsprozesse – ausgerichtet (z. B. Minerölhandel). Daneben existiert eine Reihe von Vorschlägen für *Midstream*-Modelle, die bei den entsprechenden Umwandlungstechnologien (z. B. Kraftfahrzeuge) ansetzen (Vgl. Deuber 2002, Diaz-Bone u. a. 2001).

[80] Es sind dies (a) eine nicht-harmonisierte Liste der verpflichteten Sektoren, (b) eine harmonisierte Liste der verpflichteten Sektoren

Abbildung 6-2

Funktionen im Rahmen eines Emissionshandelssystems



Quelle: Öko-Institut (2002d)

monisierte Liste von verpflichteten Sektoren der Energiewirtschaft und der energieintensiven Industrie entschieden,[81] bei der die Mitgliedstaaten weder zusätzliche Sektoren in die Verpflichtung aufnehmen noch bestimmte Sektoren davon befreien können. Die von der EU-Kommission vorgeschlagene sektorale Abgrenzung des Emissionshandelssystems ist ausgewogener Kompromiss zwischen den Zielen, hinreichende Treibhausgasemissionen zu erfassen, einen liquiden und effizienten Markt für Emissionsrechte zustande kommen zu lassen, die Gruppe der Akteure überschaubar zu halten, ein hohes Maß an Transparenz zu schaffen, überhöhte Transaktionskosten zu verhindern und Verzerrungen zwischen den Mitgliedstaaten zu begrenzen.[82]

sowie (c) eine harmonisierte Liste von verpflichteten Sektoren, die auf Bedarf einzelner Mitgliedstaaten (c-i) mit oder (c-ii) ohne Zustimmung der anderen Mitgliedstaaten erweitert werden kann.

[81] Dazu gehören Strom- und Fernwärmeerzeugungsanlagen (Feuerungswärmeleistung > 20 MW), Mineralölraffinerien und Kokereien sowie Anlagen der Eisenmetallerzeugung und -verarbeitung, der mineralverarbeitende Industrie, der Zellstoff-, Papier und Pappeherstellung. Zu weiteren Details vgl. Anhang I des Richtlinienentwurfs.

[82] Die ebenfalls diskutierte Einführung von *Ein- und Austrittsoptionen* ist von erheblicher Komplexität und auch noch mit einer ganzen Reihe von offenen Fragen verbunden, auch hinsichtlich ihrer Umsetzungschancen in EU-harmonisiertem Rahmen. Insbesondere stellt sich dabei die Frage von komplementären und gleich verbindlichen

(1720) Die vorzugebenden *Emissionsminderungsziele* ergeben sich in Abhängigkeit vom Basisjahr, auf das das Emissionshandelssystem aufsetzt. Einen Ausgangspunkt für das Emissionsminderungsvolumen könnte die Selbstverpflichtung der Wirtschaft mit einem Volumen von 45 Mio. t CO_2 bis zum Jahr 2010 bilden (Basisjahr 1998).

(1721) Die *Erstausstattung mit Emissionsrechten* für die einbezogenen Wirtschaftssubjekte ist eine Schlüsselvariable bei der Ausgestaltung von Zertifikatshandelssystemen. Derzeit werden vor allem die Varianten

– *Grandfathering:* Kostenlose Zuteilung von Emissionsrechten nach Maßgabe bestimmter festzulegender Kriterien,

– *Auktionierung:* Erstallokation der Emissionsrechte über eine allgemeine Versteigerung und

Instrumenten, die bei Nichtbeteiligung am Emissionshandelssystem zur Anwendung kommen. Hier sind sowohl Instrumente mit positiven als auch negativen Anreizwirkungen vorstellbar bzw. werden angewendet (z. B. die Klimasteuer und der *Reverse Auction*-Fond in Großbritannien). Grundsätzlich erhöht eine solche Wahlmöglichkeit jedoch das Risiko eines Nichtzustandekommens eines effizienten Emissionshandelssystems, da sich durch eine Eingrenzung der beteiligten Akteure die möglichen Ergebnisse des marktlichen Suchprozesses nach Vermeidungsmöglichkeiten weiter reduzieren. Deshalb empfiehlt die Kommission, diesem Weg nicht zu folgen.

– entsprechende *Mischformen*[83]

diskutiert.

Darüber hinaus bildet eine Variante des Grandfathering eine interessante Option:

– *Benchmarking:* Anlehnung der (kostenfreien) Erstallokation an den Ist-Stand der auf eine bestimmte Basisgröße bezogenen spezifischen Emissionen einer bestimmten Emittentengruppe zu einem bestimmten Zeitpunkt.

(1722) Alle Verfahren haben aus unterschiedlichen Perspektiven Vor- und Nachteile,[84] wenn auch aus der rein theoretischen Perspektive eine Auktionierung aus Effizienzgesichtspunkten vorzuziehen wäre.

(1723) Aus pragmatischer Sicht (Einführungsunsicherheiten, Praktizierbarkeit, Spekulationsgefahr, potenzielle Wettbewerbsverzerrungen zu Nicht-Teilnehmern, politische Durchsetzbarkeit etc.) sollte das praktizierte System als Hybridsystem ausgestaltet werden. Als Grundlage dafür wird sich das *Grandfathering*-Prinzip ergeben, kombiniert mit

– einer Zertifikatsreserve für Neueinsteiger
– möglicherweise einem (geringen) Auktionierungsanteil sowie
– möglicherweise einer *Benchmarking*-Komponente.

(1724) Der Vorschlag der EU-Kommission stellt für die erste Phase grundsätzlich auf das *Grandfathering*-Konzept ab, dessen konkrete Ausgestaltung (z. B. mit Zertifikatsreserve für Neueinsteiger, aber auch Benchmarking-Komponenten) den Mitgliedstaaten überlassen wird. Nationale Allokationspläne müssen zur Verhinderung von Wettbewerbsverzerrungen sowie der Sicherstellung der ökologischen Zielerreichung der EU-Kommission zur Genehmigung vorgelegt werden.

(1725) Für die Zeit ab 2008 sollen die Allokationsverfahren dann – in der EU harmonisiert – weiterentwickelt werden. Ein abrupter Wechsel des Allokationsverfahrens ab 2008 dürfte jedoch neben erheblichen ökonomischen Problemen auch massive rechtliche Fragen sowie massive politische Diskussionen aufwerfen. Der Übergang zu einem Auktionierungssystem ist nach Auffassung der EU-Kommission allenfalls gleitend zu erwarten. Durchaus diskussionswürdig wäre in diesem Kontext auch die Einführung von prozessenergiebezogenen Komponenten, wie sie auch im Bereich der Ökosteuer diskutiert worden sind.

(1726) Gleichwohl sind die Kriterien für die Ausgestaltung der Allokationspläne in Anhang III des Richtlinienentwurfs noch deutlich konkretisierungsbedürftig, obschon sie die erforderlichen Ansatzpunkte zur Formulierung von einheitlich anzuwendenden Gestaltungskriterien (Orientierung am Bedarf, Berücksichtigung von „early action“ und den technischen Minderungspotenzialen der einbezogenen Anlagen) bereits grundsätzlich enthalten. Zu den notwendigen Konkretisierungen gehören auch:

– die Behandlung von Neueinsteigern,
– die Behandlung von Vorleistungen,
– die Behandlung von Stillegungen und Anlagenschließungen,
– die Planungssicherheit in Bezug auf den Übergang der ersten auf die zweite Phase (2007/2008).

(1727) Für die deutsche Situation muss bei der Ausgestaltung eines Emissionshandelssystems vor allem der spezifischen Ost-West-Situation ein besonderes Augenmerk geschenkt werden. Insbesondere für die in den letzten Jahren weitgehend durchsanierte Industrie in den neuen Bundesländern müssen die Wechselwirkungen zwischen Basisjahr, Minderungsziel und Erstallokationsverfahren intensiv berücksichtigt werden. Gerade für die Situation in den neuen Bundesländern bildet das Benchmarking-Verfahren bei der Zuteilung der Emissionsrechte eine interessante Option für den Fall, dass ein Basisjahr nach 1995 zur Anwendung kommt.

(1728) Im Grundsatz sind die *projektbasierten flexiblen Mechanismen des Kioto-Protokolls* (CDM und JI, siehe Kapitel 6.3.2.1) kompatibel zu einem Emissionshandelssystem in der EU und können perspektivisch anschlussfähig zu diesem gemacht werden. Praktisch ergeben sich jedoch vorerst eine ganze Reihe von Problemen.

(1729) JI-Projekte werden unter dem Regime des Kioto-Protokolls erst für die Verpflichtungen ab dem Jahr 2008 wirksam. Da JI-Projekte zwischen Staaten realisiert werden, die bindende Verpflichtungen unter dem Kioto-Protokoll eingegangen sind, wurden hier keine spezifischen Festlegungen zu Baselines etc., also der Verifikation der erbrachten Emissionsminderungen getroffen und dies dem Aushandlungsprozess zwischen den betroffenen Staaten überlassen. Für den Zeitraum vor 2008 müsste also ein entsprechendes Instrumentarium entwickelt werden. Ohne entsprechende Verifikationsinstrumente besteht die Gefahr, dass große Mengen nicht durch reale Minderungen gedeckte Emissionsreduktionen in das Emissionshandelssystem Eingang finden.

(1730) Für Projekte des *Clean Development Mechanism* (CDM) existieren zwar solche Verifikationsanforderungen, liegen aber bisher noch nicht vor. Auch können Emissionsminderungen durch CDM unter dem Kioto-Protokoll bereits seit 2000 anerkannt werden. Sollten Emissionsminderungen aus CDM-Projekten für die Jahre 2000 bis 2007 in das EU-Emissionshandelssystem vor 2008 eingeführt werden, so müssten sie für die Anerkennung in der ersten Verpflichtungsperiode 2008 bis 2012 entwertet werden.

---

[83] Zum Beispiel diskutierte die AG Emissionshandel des BMU ein sogenanntes „Hybridmodell“ – 80 % Grandfathering/20 % Auktionierung, im Europäischen Parlament wird eine Verteilung von bis zu 70 % Grandfathering und 30 % Auktionierung diskutiert. Veröffentlicht unter http://www.bmu.de/fset1024.php.

[84] Eine – unvollständige – Aufzählung der Probleme: Rückverteilung, Spekulationseffekte, Bestandsschutz/Erdrosselungstatbestände (alle in Bezug auf Auktionierung), Benachteiligung von Akteuren mit Vorleistungen (early actions) und Neueinsteigern (in Bezug auf Grandfathering). Klärungen müssen weiterhin hinsichtlich der Effekte für den Staatshaushalt sowie in Bezug auf etwaige Beihilfetatbestände (Grandfathering, Benchmarking) erfolgen.

(1731) Das absehbare Volumen von CDM- und JI-Projekten ist nicht so groß, dass die Einbeziehung in das EU-Handelssystem vorerst die Schaffung der notwendigen Zusatzregelungen rechtfertigen würde. Die Einbeziehung der zukünftigen Mitgliedstaaten aus Mittel- und Osteuropa sowie dem Baltikum in das EU-Emissionshandelssystem wird ausreichend Flexibilität schaffen. Überdies wird die Asymmetrie zwischen der Kioto-Verpflichtung der EU-15 und dem EU-Emissionshandelssystem der EU-15+ bereits für ein ausreichendes Maß an „Verzahnungsverfahren“ sorgen.

(1732) Aus dieser Sicht ist die vorläufige Ausklammerung von JI- und CDM-Projekten im vorliegenden EU-Richtlinienvorschlag ein pragmatischer Ansatz. Inwieweit für die Wirtschaft durch die Einbeziehung von JI- und CDM-Projekten die Akzeptanz eines Emissionshandelssystems steigt und in welchem Verhältnis dies zum zusätzlichen Implementierungsaufwand steht, bedarf noch des weiteren Diskurses. In jedem Fall sollte vorgesehen werden, im Zeitverlauf auch Emissionsminderungen aus JI und CDM in den Emissionshandel einbeziehen zu können. Eine Schlüsselrolle werden in einem Emissionshandelssystem JI- und CDM-Projekte jedoch zunächst garantiert nicht spielen.

(1733) Ob der Handel der Emissionszertifikate über eine Börse – ggf. für eine Einführungsphase – verbindlich vorgeschrieben werden soll, wird derzeit noch diskutiert.

(1734) Grundsätzlich kann der *Zertifikats-Handel* entweder bilateral zwischen juristischen oder natürlichen Personen (*over the counter* – OTC) oder an Börsen erfolgen. Der bilaterale Handel hat den Vorteil, dass er unkompliziert und für jeden Akteur einfach zu bewerkstelligen ist. Der Handel der Zertifikate an einer Börse hat für den Käufer der Zertifikate den Vorteil, dass über eine Börse einige Handelsrisiken (z. B. Bonität des Verkäufers) aufgefangen werden können. Darüber hinaus kann durch einen kontinuierlichen und über ein ausreichendes Volumen verfügenden Börsenhandel eine Markträumung und Markttransparenz in Form der Herausbildung eines einheitlichen Zertifikatspreises gewährleistet werden.

(1735) Sofern hinsichtlich der Handelsform keine Festlegungen erfolgen, dürfte der größere Anteil der Zertifikate bilateral gehandelt werden. Ab einem gewissen Volumen dürfte jedoch der Zertifikatshandel auch für die Börsen interessant sein. Es ist damit zu rechnen, dass sie einen Börsenhandel anbieten, sobald absehbar ist, dass dieses Niveau erreicht werden kann. Die Einführung einer Verpflichtung zum Handel über eine Börse sollte daher eher nicht notwendig werden.

Bewertung

(1736) Emissionshandelssysteme sind bei entsprechender Ausgestaltung zunächst Instrumente mit einer *hohen Sicherheit der Zielerreichung,* erzielen ihre Lenkungswirkung wegen der weitgehenden Technologieneutralität jedoch vor allem in Bezug auf die Leitgröße CO_2-Minderung. Nebenziele (besonderer Fokus Energieeinsparung und erneuerbare Energien, Verzicht auf Kernenergienutzung etc.) bedürfen dabei ggf. einer gesonderten Instrumentierung.

(1737) Die ökonomische *Effizienz* von Mengensteuerungssystemen ist aus der theoretischen Perspektive hoch; dies wird auch durch die bisherigen Erfahrungen mit Emissionshandelssystemen bestätigt. In den USA bestehen mit Emissionshandelssystemen (für konventionelle Luftschadstoffe) inzwischen fast zehnjährige Erfahrungen. Und diese zeigen beispielsweise, dass die – damals auch mit umfassenden Modellanalysen ermittelten – Erwartungen bezüglich der Zertifikatspreise teilweise um ein Mehrfaches zu hoch angesetzt wurden.[85] Auch auf Unternehmensebene – mit von dort natürlich nur teilweise übertragbaren Erfahrungen – sind mit Emissionshandelssystemen ähnliche Erfahrungen gemacht worden (BP etc.). Gerade hier zeigte sich, dass über Emissionshandelssysteme umfangreiche Senkungen der Emissionsminderungskosten allein durch den Mechanismus erzielt wurden, dass Emissionsminderung sich als eigenes, übertragbares Produkt herausgebildet haben (Entdeckungseffekt).

(1738) Die Effekte des Emissionshandels auf energieintensive Industrien ergeben sich im Rahmen des vorgeschlagenen EU-Systems vor allem aus den Allokationsplänen. Wenn der Dreiklang aus Basisjahr, Minderungsverpflichtung und Allokationsverfahren mit Blick auf die bisherigen Entwicklungen und auf die deutsche Verpflichtung im EU-Burden-Sharing konsistent ausgestaltet wird, ist angesichts der Entwicklungen seit 1990 in den anderen EU-Staaten eher davon auszugehen, dass deutsche Unternehmen Netto-Verkäufer an Emissionsrechten sind.[86]

(1739) Hinsichtlich der Preise für Emissionszertifikate wird mehrheitlich eine Bandbreite von 5 bis 30 €/t CO_2 erwartet. Massive Strukturbrüche werden vor dem Hintergrund der realistisch erwartbaren Vorgaben (z. B. Basisjahr 2000, Emissionsminderung 10 bis 15 %, Grandfathering mit Benchmark-Komponente) für keinen Bereich erwartet. Vielmehr schafft die frühzeitige Einführung eines Emissionshandelssystems ein erhebliches Maß an Planungssicherheit für die in diesem Jahrzehnt fallenden Investitionsentscheidungen.

(1740) Bei den derzeit für die Einbeziehung vorgesehenen Großemittenten und einer geeigneten Ausgestaltung sind nur geringe Transaktionskosten zu erwarten.

---

85 Prägnantestes Beispiel ist hier das Emissionshandelssystem im Rahmen des Clean Air Act in den USA: Modellrechnungen für dieses System ergaben vor dessen Einführung Kosten von 700 bis 1 000 US-$ je Tonne SO_2. Die EPA hatte vor dem Hintergrund dieser Kostenabschätzungen für Neuanlagen eine Festpreisreserve für SO_2-Emissionszertifikate zum Preis von 1 500 US-$ geschaffen. Der Marktpreis für SO_2-Zertifikate lag zu Beginn der Transaktionen bei 150 US-$, danach deutlich darunter (unter 100 US-$), überstieg 1999 kurzzeitig die Marke von 200 US$ und lag im Jahr 2000 wieder bei etwa 150 US-$ je Tonne SO_2. Die Festpreisreserve der EPA wurde 1996 mangels Nachfrage aufgelöst.

86 Eine ganze Reihe von Simulationsanalysen geben entsprechende Hinweise (Eurelectric 2002; Ecofys/AEA 2001; NTUA-E3M Lab 2000).

(1741) Erfahrungen mit Mengensteuerungssystemen existieren bisher in Deutschland und Europa nur in beschränktem Maße. Daher bilden Emissionshandelssysteme instrumentelles Neuland, bei dem noch eine ganze Reihe von Detail-Problemen gelöst werden müssen. Angesichts der hohen Sicherheit der Zielerreichung, der hohen Wettbewerbskonformität (gerade auch im EU-Maßstab) sowie der guten Flexibilität und Modifizierbarkeit sieht die Enquete-Kommission im CO_2-Emissionshandel gerade für den Bereich der Industrie ein besonders geeignetes Instrument von Klimaschutzpolitik. Insbesondere gilt dies für die Verpflichtungsperiode(n) des Kioto-Protokolls, bei der für Unternehmen neue Handlungsflexibilitäten geschaffen werden können. Auch weist die Kommission auf die Entdeckungsfunktion von Emissionshandelssystemen hin, die nach ersten Erfahrungen aus der Bepreisung von CO_2-Emissionen für Handlungs- und Entscheidungsprozeduren in Unternehmen folgt.

(1742) Emissionshandel ist grundsätzlich kompatibel mit den Selbstverpflichtungserklärungen der Industrie, bildet aber letztlich eine Alternative zu diesen. Angesichts der mit dem Kioto-Protokoll entstandenen höheren Verbindlichkeit der Emissionsminderungsverpflichtungen und der ökonomischen Konsequenzen von Verfehlungen dieser Ziele (Notwendigkeit des Zukaufs von Emissionsrechten etc.) erscheint der Kommission die Einführung eines Emissionshandelssystems im Rahmen der EU angemessen und angeraten. Sie weist aber auf die noch zu lösenden und auch kurzfristig lösbaren Fragen für eine faire und zielführende Ausgestaltung hin.

b) Revision/Überführung des EURATOM-Vertrages

Energieträgerbezogen?	Ja
Technologiebezogen?	Ja
Sektorbezogen?	Ja
Akteursbezogen?	Nein
Hemmnisbezogen?	Nein
Marktphasenbezogen?	Nein
Produktlebenszyklusbezogen?	Nein

Begründung der staatlichen Intervention

(1743) Der 1957 unterzeichnete und bislang unbefristete Vertrag zur Gründung der Europäischen Atomgemeinschaft (EURATOM-Vertrag) schafft die Grundlage für eine Reihe spezifischer Regelungen zur Kernenergienutzung, die – im Vergleich zu anderen Regelungsbereichen im Rahmen der EU – eigentlich Gegenstand der sekundären Rechtssetzung sein müssten.

(1744) Diese besonderen Regelungen stellen erstens auf spezifische Aspekte der Kernenergienutzung (Kernbrennstoffüberwachung, Strahlenschutz) ab, die nach wie vor ihre Bedeutung haben. Zweitens sind eine ganze Reihe von Regelungen des Vertrages mit der besonderen Förderung der Kernenergienutzung begründet, die zum Zeitpunkt des Vertragsschlusses als sinnvoll angesehen wurde (spezielle Forschungsförderung, spezielle Finanzierungsmöglichkeiten, gemeinsamer Markt). Drittens gehen weitere Regelungen von der knappheits- und diversifizierungsbedingten Notwendigkeit einer gemeinschaftlichen Steuerung der Brennstoffbeschaffung aus (Europäische Versorgungsagentur). Schließlich differieren die Rechtssetzungsprozeduren im EURATOM-Vertrag deutlich von denen der sonstigen EU-Regelungen. Insbesondere betrifft dies die Mitwirkung des Europäischen Parlamentes, dessen Beteiligungs- bzw. Einflussmöglichkeiten im Rahmen von EURATOM deutlich hinter denen im Rahmen des EU-Vertrages zurückstehen.[87]

(1745) Die zwischenzeitlich deutlich veränderten Rahmenbedingungen lassen zumindest für die beiden letztgenannten Bereiche kernenergie- und damit technologiespezifische Interventionen als entbehrlich erscheinen; mit Blick auf vergleichbare Rahmenbedingungen für die unterschiedlichen Optionen auf den inzwischen liberalisierten Energiemärkten ist dies sogar angeraten.

Zielsetzung

(1746) Alle nicht notwendig aus den technologischen Spezifika der Kernenergie resultierenden Regelungen des EURATOM-Vertrages (Gesundheitsschutz und Sicherheitsüberwachung, Kernbrennstoffüberwachung) sollten strikt den für andere Energietechnologien einschlägigen Regelungen angeglichen bzw. in diese integriert werden (Forschungsförderung, Finanzierung). Überkommene und den heutigen Bedingungen – auch mit Blick auf ähnlich gelagerte Problemstellungen im nicht-nuklearen Bereich – nicht mehr entsprechende Regelungen (z. B. gemeinschaftliche Steuerung der Brennstoffbeschaffung) sollten ersatzlos entfallen. Vor allem im Bereich der Sicherheitsstandards sind EU-weite Vereinheitlichungen und deren Festsetzung im Gemeinschaftsrecht notwendig. Dies erfordert eine Neugestaltung der schutzbezogenen Bestandteile des bisherigen EURATOM-Vertrages. Die Mitwirkungs- und Entscheidungsmechanismen müssen den Verfahrensweisen im nicht-nuklearen Sektor angeglichen werden. Insbesondere gilt dies mit Blick auf das Europäische Parlament.

Rechtliche Ausgestaltung

(1747) Die konsequenteste und anzustrebende Variante ist die Beendigung des EURATOM-Vertrages und die Überführung der verbleibenden bzw. angepassten sowie

[87] Vergleiche dazu im Detail Europäische Union (2001p), Gebers u. a. (1995) sowie Schmidt u. a. (2000).

der erneuerten Regelungstatbestände in den Geltungsbereich des EG-Vertrages bzw. möglicherweise in das derzeit im Zusammenhang mit der Reform diskutierte einheitliche Vertragswerk, das zu einer einheitlichen Rechtspersönlichkeit der EU führen soll.[88]

Als pragmatische Alternative dazu käme eine entsprechende Bereinigung des EURATOM-Vertrages und der untersetzenden Regelungen in Frage.

(1748) Die unbestrittene Notwendigkeit einer grundlegenden Neuordnung des gemeinschaftlichen Bestandes an Regelungen schafft hierzu in den nächsten Jahren eine ganze Reihe von Möglichkeiten.

Kurzbeschreibung

(1749) Die verschiedenen Regelungen des EURATOM-Vertrages sollten in Bezug auf

– die spezifische Forschungsförderung,
– die spezifischen Finanzierungsoptionen (EURATOM-Kredite),
– den gemeinsamen Markt für Nukleartechnologien,
– die gemeinschaftliche Steuerung der Brennstoffbeschaffung sowie
– die Außenbeziehungen im Bereich der Nukleartechnik

aufgehoben bzw. in den Rahmen der allgemeinen gemeinschaftlichen Regelungen (Forschungsförderung etc.) des EU-Vertrages gestellt und ggf. in die existierenden Regelungen integriert werden. Der Markt für Nuklearbrennstoffe sollte liberalisiert sowie die Kontrolle und die Steuerung der Beschaffung über die Europäische Versorgungsagentur beendet werden.

(1750) Die Regelungen zur *Gesundheitsvorsorge* sollten aktualisiert werden, gehen doch heute viele nationale Regelungen deutlich über die gemeinschaftlichen Festlegungen hinaus.[89] Insbesondere mit Blick auf gemeinsame *Sicherheitsstandards* verstärkt sich die Notwendigkeit, dass – bisher nicht existierende – gemeinschaftliche Regelungen geschaffen werden, um den anderen Regelungsbereichen (klassische Luftschadstoffe, Klimagase etc.) vergleichbare gemeinschaftliche Rahmenbedingungen für den Energiebinnenmarkt zu schaffen.[90] Vereinheitlichungen der (Finanzierungs-)Regelungen im Bereich der Entsorgung radioaktiver Abfälle könnten zu einem weiteren Abbau von Wettbewerbsverzerrungen zwischen den Mitgliedstaaten führen.

(1751) Das bestehende *Safeguards-System* (Kontrolle des spaltbaren Materials) des EURATOM-Vertrages bildet eine geeignete Basis und muss in seinem Gehalt fortgesetzt werden, wenn auch neue Überwachungsmaßnahmen und -techniken (EU-Erweiterung mit neuen Reaktortypen, Überführung von Kernmaterialien von der militärischen in die zivile Nutzung bzw. in eine endlagergerechte Form, zunehmende Bedeutung von Zwischenlagern etc.) eingeführt werden müssen sowie eine Erhöhung der Transparenz und eine stärkere Öffnung für berechtigte Interessen der Öffentlichkeit angestrebt werden sollten.

(1752) Insgesamt müssen die *Entscheidungs- und Mitwirkungsoptionen* zwischen EU-Kommission, Rat und Parlament den in den anderen energierelevanten Bereichen existierenden Regelungen angepasst werden.

Bewertung

(1753) Ziel der Revision des EURATOM-Vertrages bzw. der Überführung von Teilen des EURATOM-Vertrages in den EG-Vertrag ist zunächst die Schaffung von mehr Chancengleichheit im Bereich der Stromerzeugung durch die Einordnung der exklusiv für den Nuklearsektor vorgesehenen Unterstützungsmaßnahmen (Forschung, Finanzierung) sowie die Angleichung von Sicherheitsstandards. Daneben sollen nicht mehr zeitgemäße oder bereits anderweitig erfasste Regelungsbereiche bereinigt werden. Ob und inwieweit durch vereinheitlichte Sicherheitsstandards bei den Kernkraftwerksbetreibern Zusatzkosten entstehen, hängt von der konkreten Ausgestaltung der gemeinsamen Sicherheitsstandards ab und kann hier nicht abgeschätzt werden. Insgesamt wird die Maßnahme – abgesehen von den Anpassungsmaßnahmen in der Verwaltung – keine signifikanten Zusatzkosten verursachen. In der Administration können durch die Abschaffung der besonderen Regelungen und die prozeduralen Vereinheitlichungen mittelfristig Effizienzverbesserungen erzielt werden.

(1754) Die Maßnahmen würden mittelfristig zur Verbesserung der Wettbewerbsintensität der Strommärkte beitragen.

(1755) Die Durchsetzung einer Bereinigung bzw. Überführung der Regelungen des EURATOM-Vertrages in den EG-Vertrag dürfte einerseits bei einigen Mitgliedstaaten auf erhebliche Widerstände stoßen. Die im Zuge der EU-Erweiterung ohnehin notwendig werdende grundlegende Reform der EU dürfte jedoch andererseits eine Reihe von Ansatzpunkten für die beschriebenen Reformschritte

---

[88] Der Vertrag über die Europäische Union (EU-Vertrag) gliedert sich in drei Säulen. Als erste Säule werden der EG-Vertrag und Euratom Vertrag bezeichnet. Die zweite Säule bildet die gemeinsame Außen- und Sicherheitspolitik und die dritte Säule die Zusammenarbeit in Strafsachen. Bisher (d. h. bei den früheren Regierungskonferenzen von Amsterdam, Maastricht) wurde die Überführung des EURATOM- in den EG-Vertrag diskutiert. Im Rahmen der Reform der EU wird nun eine Fusion aller Verträge in einen Basisvertrag und ergänzende Bestimmungen diskutiert. Die Europäische Union würde dann eine einheitliche Rechtspersönlichkeit haben (Bisher hatten nur EG und EURATOM Rechtspersönlichkeit, die EU galt als intergouvernmentaler Zusammenschluss).

[89] Vergleiche Schmidt u.a. (2000).

[90] Als besonders schwerwiegend erwies sich das Fehlen entsprechender gemeinschaftlicher Sicherheitsstandards im Zuge der Beitrittsverhandlungen. Hier musste mit den entsprechenden Dokumenten von Europäischem Rat (Europäische Union (2001q)) und WENRA (1999) hilfsweise ein Bewertungsraster geschaffen werden, das vollständig außerhalb des gemeinschaftlichen Normenbestandes steht und auch nur für die Beitrittsstaaten angewendet werden soll.

schaffen.[91] Die konkreten Schritte bei der rechtlichen Umsetzung werden vor diesem Hintergrund in hohem Maße von situativen Konstellationen abhängen. Hinsichtlich der rechtlichen Ausgestaltungsvarianten wird daher eine große Flexibilität nötig, die o.g. Regelungsgehalte sollten jedoch möglichst umfassend erfasst werden.

c) Energiekompetenz der Europäischen Union

Energieträgerbezogen?	Nein
Technologiebezogen?	Nein
Sektorbezogen?	Nein
Akteursbezogen?	Nein
Hemmnisbezogen?	Nein
Marktphasenbezogen?	Nein
Produktlebenszyklusbezogen?	Nein

Begründung der staatlichen Intervention

(1756) Die Maßnahme beinhaltet keine neue staatliche Intervention, sondern vielmehr die Bündelung von energiepolitischen Kompetenzen auf der EU-Ebene.

(1757) Die rechtliche Fundierung der EU mit drei Verträgen ist historischer Natur. Die Entwicklungstrends der Verträge sind jedoch höchst unterschiedlich:

– Der EGKS-Vertrag ist im Juli 2002 ersatzlos ausgelaufen und der verbleibende Regelungsgehalt in den EU-Vertrag überführt worden,
– der EURATOM-Vertrag ist seinem Inkrafttreten nicht wesentlich verändert worden und
– der EG-Vertrag wird im Zuge der Erweiterung – auch mit Blick auf eine klare und konsistente Zuordnung der Kompetenzen – grundlegend überarbeitet werden.

(1758) EU-Kompetenzen im Bereich Energie sind zwar in der Vergangenheit mehrfach thematisiert und (direkt oder indirekt) vorgeschlagen worden, entsprechende Initiativen sind jedoch gescheitert. Die Integration der EU in den Bereichen Wettbewerb und Umwelt hat jedoch vor allem in den letzten Jahren für den Energiesektor eine neue Qualität erreicht, die gemeinsame Außen- und Sicherheitspolitik (auch mit Blick auf wichtige Energieproduzentenländer) gewinnt zunehmend an Bedeutung.

(1759) Die Neuordnung der Entscheidungsmechanismen in der EU bietet einen wichtigen Anlass, Energiepolitik im EU-Maßstab neu zu bestimmen und entsprechende Kompetenzzuordnungen vorzunehmen.

Zielsetzung

(1760) Energiepolitik als integrierendes Politikfeld hinsichtlich Wettbewerb, Umwelt, Versorgungssicherheit sowie Innovations- und Technologiepolitik soll angesichts der fortschreitenden Integration der genannten Politikfelder ebenfalls auf der EU-Ebene verankert werden. Bei einer solchen Kompetenzzuweisung sollten jedoch – wie z. B. durch die entsprechenden Regelungen zur Umweltpolitik – ausreichende Innovationsspielräume für nationale Energiepolitik offen gelassen werden.

(1761) Die Regelungen sollten sich hinsichtlich technologischer Fokussierung auf diejenigen Bereiche beschränken, für die langfristig aus der Perspektive eines nachhaltigen Energiesystems ein spezifischer Handlungsbedarf besteht (erneuerbare Energien, Energieeffizienz).

Rechtliche Ausgestaltung

(1762) Im Rahmen der Reform des EU-Vertrages sollte ein eigenes Kapitel „Nachhaltige Energiepolitik“ geschaffen werden.

Kurzbeschreibung

(1763) Das Kapitel „Nachhaltige Energiepolitik“ im EU-Vertrag sollte die folgenden Aspekte bzw. Abschnitte beinhalten:

– Ziele: Kosteneffizienz, Umweltverträglichkeit und Ressourcenschonung, Versorgungssicherheit und Versorgungszuverlässigkeit, Innovationsfähigkeit
– Versorgungssicherheit: Diversifizierung und Bevorratung, Ressourcenschonung, Zusammenarbeit und Dialog mit Erzeugerländern
– Markteinführung und -etablierung für Energieeffizienztechnologien und erneuerbare Energien
– Energieforschung, -technologie und -innovationen
– Energie-Rahmenprogramm (jeweils Fünfjahreshorizont)

[91] Der Europäische Rat von Laeken hatte in seinen Schlussfolgerungen die für die nächste Regierungskonferenz zu lösenden Fragen adressiert. Unter anderem sehen demnach die Regierungen der bisherigen Mitgliedstaaten eine Vereinfachung der auf mehrere Verträge verteilten Grundlagen der Union aus Gründen der Transparenz als notwendig an. Es wird erwogen, die vertraglichen Bestimmungen in lediglich einen Basisvertrag und übrige Vertragsbestimmungen aufzugliedern. Eine Option besteht darin, die Europäische Union und ihre Gemeinschaften in eine einheitliche Rechtspersönlichkeit zu überführen. Auch die Europäische Kommission schlägt die Zusammenführung der Europäischen Verträge vor, (Europäische Union (2002a) (KOM (2002) 247, S. 17 ff.)). Dies müsste im Ergebnis auch zu einer Auflösung von EURATOM als einer eigenständigen Gemeinschaft führen. Dennoch kann bisher nicht sicher davon ausgegangen werden, dass EURATOM in die Arbeit des Konvents und die angestrebte grundlegende Revision der Verträge und einbezogen werden wird. So hatte zum Beispiel eine vorbereitende Studie für die Reformvorschläge der Europäischen Kommission den EURATOM Vertrag wegen seines „sektoralen Charakters“ und seiner geringen Bedeutung für die „europäische Integration“ gar nicht betrachtet (Vgl. Institut Universitaire Européen 2000).

– Eröffnung weitergehender Maßnahmen auf nationaler Ebene: Übereinstimmung mit den anderen Regeln des Vertrages, Notizierungspflicht

(1764) Für den Fall, dass der EURATOM-Vertrag beendet werden soll (bzw. kann), könnten die von dort verbleibenden Regelungen (teilweise) in das Kapitel integriert werden.

Bewertung

(1765) Als Argumente gegen eine eigene energiepolitische Kompetenz sind bisher vorgebracht worden:

– es sollte grundsätzlich keine weitere Kompetenzverlagerung auf die EU-Ebene erfolgen,
– die Interessen von Energieerzeugerländern bzw. Energieexportländern und Energieimportländern würden sich grundsätzlich unterscheiden und wären in einer gemeinsamen Energiepolitik nicht zu vereinen,
– die energiepolitische Innovationsfähigkeit würde wegen geringerer nationaler Handlungsspielräume abnehmen,
– energiepolitische Maßnahmen auf EU-Ebene können auch mit anderen Bezügen (Binnenmarkt, Umweltschutz etc.) erfolgen.

(1766) Diesen Aspekten können folgende Überlegungen gegenübergestellt werden:

– Mit zunehmender Integration – Energiebinnenmarkt, gemeinsame internationale Klimaschutzverpflichtungen, gemeinsame Außenpolitik, insbesondere mit Blick auf die Energielieferregionen – entsteht grundsätzlich die Notwendigkeit, eine Ausbalancierung von Umweltschutz, Energiebinnenmarkt und Versorgungssicherheit vorzunehmen. Dies ist Ad hoc nicht konsistent möglich;
– faktisch existieren nationale Vetomöglichkeiten im Bereich Energie, dies behindert die Entwicklung, Verbreiterung und Verbreitung fachpolitikübergreifender Konzepte wie Nachhaltigkeit;
– in vielen Bereichen (insbesondere bei Energieeffizienz) wird die Notwendigkeit gemeinsamer Aktivitäten dringender, v. a. wenn bei den Maßnahmen zunehmend frühe Phasen des Produktlebenszyklus (Forschung und Entwicklung, Vermittlung etc.) adressiert werden;
– wirksame Maßnahmen zur Versorgungssicherheit müssen europäisch definiert und operationalisiert werden.

(1767) Da im Zuge der Energiemarktliberalisierung sowie der Produktionsentwicklung die Interessengegensätze der EU-Mitgliedstaaten zunehmenden an Bedeutung verlieren dürften und soweit ausreichende nationale Handlungs- und Innovationsspielräume ermöglicht werden, überwiegen die Argumente für eine auch im Vertrag verankerte gemeinsame Energiepolitik in der EU zunehmend.

(1768) Ähnlich wie Umweltpolitik sollte sich eine an Nachhaltigkeit orientierte Energiepolitik zunehmend als Querschnittspolitik entwickeln. Eine Verankerung auf EU-Ebene erscheint dafür förderlich.

6.3.3 Ausgewählte nationale Instrumente

(1769) Das wirtschafts- und umweltpolitische Steuerungsinstrumentarium des Staates lässt sich von seiner Zielsetzung her wie folgt differenzieren:

– Je stärker sich das Instrument auf die Gestaltung der allgemeinen Rahmenbedingungen des Wirtschaftsgeschehens konzentriert, desto „globaler“ ist sein Steuerungsansatz und desto weniger konkret bzw. desto weniger quantifiziert lassen sich die mit seinem Einsatz verbundenen Ziele formulieren. Getragen werden diese global steuernden Instrumente von dem Bestreben, für die Wirtschaftsakteure möglichst langfristig verlässliche Rahmenbedingungen für ihre Planungen und Investitionsentscheidungen zu schaffen und damit regelmäßige Marktinterventionen zu vermeiden. Ihrem Einsatz liegen – wie z. B. bei der Ökosteuer oder bei Einführung von handelbaren CO_2-Zertifikaten – meist grundsätzliche politische Richtungsentscheidungen zugrunde, deren Umsetzung auf den Teilmärkten und in den einzelnen Verbrauchssektoren befördert werden soll.
– Je konkreter die Vorgabe politischer Ziele und Teilziele erfolgt und je weniger global steuernde Instrumente in der Lage sind, eine zeitnahe und effektive Erreichung dieser Ziele auf den realen Märkten durch Überwindung der vorhandenen Hemmnisse zu garantieren, desto stärker kommen sektor-, akteurs- und technologiespezifische Instrumente ins Spiel.

(1770) Im folgenden Abschnitt werden zunächst ausgewählte global steuernde Instrumente behandelt, anschließend spezifische Instrumente für die Teilmärkte Strom, Wärme und Verkehr, wobei in einem eigenen Abschnitt die Grenzen der global steuernden Instrumente herausgestellt werden und damit die Notwendigkeit des Einsatzes spezifischer Instrumente begründet wird.

6.3.3.1 Global steuernde Instrumente für eine nachhaltige Energiewirtschaft

(1771) Inhaltlich lässt sich dieser Ausschnitt des staatlichen Instrumentenportfolios in zwei Kategorien unterteilen:

– global steuernde Instrumente, die allgemein die Rahmenbedingungen der Märkte unabhängig von Umwelt-/Klimaschutzzielen verändern, aber auf die Erreichung derselben zurückwirken und
– jene Instrumente, die explizit unter der Maßgabe der Erreichung von Umwelt-/Klimaschutzzielen eingeführt werden.

6.3.3.1.1 Allgemeine Instrumente

(1772) Zwei allgemeine Instrumente, die die Rahmenbedingungen der Energiemärkte in den zurückliegenden Jahren bereits nachhaltig verändert haben und sie in Zukunft noch weiter verändern werden, verfolgt die

Enquete-Kommission im Hinblick auf die Erreichbarkeit von Nachhaltigkeitszielen mit besonderer Aufmerksamkeit:

– die konsequentere und beschleunigte Liberalisierung der Strom- und Gasmärkte,

– den beschleunigten Abbau von Subventionen klimabelastender und risikobehafteter Energieträger.

a) Konsequentere und beschleunigte Liberalisierung der Strom- und Gasmärkte

Begründung der staatlichen Intervention

(1773) Die politische Grundsatzentscheidung, die durch den Ausnahmebereich im Kartellrecht (ehemaliger § 103 GWB) rechtlich geschützten Versorgungsgebiete aufzuheben, hatte in Deutschland ihren Auslöser in der 1997 in Kraft getretene EU-Strombinnenmarktrichtlinie, die im April 1998 in deutsches Recht übertragen wurde. Die vollständige Umsetzung der entsprechenden EU-Richtlinie für den Gassektor steht nach wie vor aus (ein entsprechendes Vertragsverletzungsverfahren ist seit Jahresbeginn 2002 bei der EU-Kommission anhängig), und auch im Elektrizitätssektor bleibt Deutschland hinter anderen europäischen Staaten zurück, die die Liberalisierung konzeptionell schlüssiger und konsequenter begonnen haben.[92]

(1774) Nach Ansicht der Enquete-Kommission und vieler Fachleute ist der deutsche Liberalisierungsweg konzeptionell unzureichend, in der Umsetzung inkonsequent und nach einer anfänglichen Preissenkungsphase (vor allem für Stromsondervertragskunden) in Gefahr, zu einer Veranstaltung von wenigen marktmächtigen Akteuren zu werden, die die zunächst gewonnenen Freiräume systematisch beschneiden und Wettbewerber sowohl auf der Angebots- als auch auf der Nachfrageseite de facto am Marktzutritt hindern.[93] Die Kommission hält daher eine konsequentere Konzeption sowie eine Beschleunigung des Liberalisierungsprozesses sowohl für den Strom- als auch für den Gasbereich für geboten.

Zielsetzung

(1775) Durch eine konsequentere und beschleunigte Liberalisierung in Deutschland sollen die Rahmenbedingungen für die Sicherung und Ausweitung der Akteursvielfalt in den Wettbewerbsbereichen Erzeugung/Beschaffung und Vertrieb verbessert, Marktzutrittsschranken verringert und Transaktionskosten gesenkt werden. Im Bereich der Stromerzeugung ist ein „level playing field“ zu schaffen, um dezentrale gegenüber zentraler Erzeugung gleichzustellen bzw. neuen Beschaffungsoptionen gegenüber weit abgeschriebenen Kraftwerksparks faire Chancen zu verschaffen. Auf der Handelsebene sind ein diskriminierungsfreier Netzzugang zu sichern und missbräuchliches Verhalten gegenüber Wettbewerbern zügig zu unterbinden. Insgesamt ist ein funktionsfähiger Wettbewerb in den Wettbewerbsbereichen durch verbindliche Regelungen und den Abbau bzw. die Kontrolle von Marktmacht sowie eine adäquate Regulierung für die natürlichen Monopolbereiche sicherzustellen.

Rechtliche Ausgestaltung

(1776) Das bestehende Energiewirtschaftsgesetz ist entsprechend zu novellieren. Sollten sich die bestehenden Regelungen nicht als wirksam erweisen, wofür aktuell einiges zu sprechen scheint, sind entsprechende Netzzugangsverordnungen für Strom- und Gasnetze sowie Allgemeine Netznutzungsbedingungen zu verabschieden. Hierbei sollten auch Möglichkeiten für Umlagefinanzierungen über die Netznutzungsgebühren gesichert werden.

Kurzbeschreibung

(1777) Die bisherige Liberalisierung der Strom- und Gasmärkte in Deutschland ist (im Grundsatz) durch folgende wesentlichen Eckpfeiler charakterisiert:

– vollständige Marktöffnung, d. h. theoretisch besteht für jeden Endverbraucher die Möglichkeit, seinen Strom- und/oder Gasversorger zu wechseln

– überwiegend Management-Entflechtung, z. T. gesellschaftsrechtliche Entflechtung im Strombereich durch Gründung von Tochtergesellschaften, buchhalterische Entflechtung der Marktstufen im Gasbereich

– verhandelter Netzzugang im Strom- und Gasbereich auf der Grundlage freiwilliger Verbändevereinbarungen

– keine sektorspezifische ex-ante-Regulierung des Netzzugangs und der Netzentgelte, sondern ex-post-Entscheidungen durch Gerichte bzw. das Bundeskartellamt.

(1778) Die bisherige Versorgerwechselrate liegt bei unter 5 % (Haushalte und Gewerbe) bzw. zwischen 10 und 20 % (Industrie) im Strombereich, im Gasbereich allgemein weit unter 5 %. Vier Unternehmen vereinigen rund 75 % der inländischen Stromerzeugungskapazitäten auf sich und kontrollieren zu 80 % das Höchstspannungsübertragungsnetz. Die Netznutzungsentgelte sind sowohl im Transport- als auch im Verteilnetzbereich mit die höchsten in der EU.

(1779) Gleichzeitig sind die in der Vergangenheit vielfältigen Aktivitäten zur rationellen Energienutzung (DSM, LCP, IRP)[94] auf einen geringen Restbestand zurückgeführt worden.

(1780) Für eine konsequentere und beschleunigte Liberalisierung der Energiemärkte in Deutschland sind nach

[92] Vergleiche dazu vor allem den ersten Benchmarkbericht der Europäischen Kommission (Europäische Union, 2001n, SEC 2001), der Deutschland als eines der Schlusslichter im europäischen Liberalisierungsprozess einstuft.

[93] Vergleiche aus Sicht von betroffenen Unternehmen Initiative Pro Wettbewerb (2000): http://www.pro-wettbewerb.de, MVV (2002); aus fachlicher Sicht z. B. Markert (2001), Möschel (2001), Becker (2001).

[94] Vergleiche VDEW (1996).

Ansicht der Kommission folgende einzelnen Schritte notwendig:

- Zügige eigentumsrechtliche, mindestens jedoch gesellschaftsrechtliche Entflechtung der unterschiedlichen Marktstufen, d. h. insbesondere Entflechtung von Erzeugung und Transport/Verteilung sowie von Verteilung und Vertrieb für Energieunternehmen ab einer festgelegten Kundenzahl
- Sicherstellung eines transparenten und diskriminierungsfreien Netzzugangs sowie eines Verfahrens zur Ermittlung der Höhe der Netznutzungsentgelte; entsprechende zeitnahe Überprüfung der bisherigen Regelungen des verhandelten Netzzugangs und ggfs. gesetzliche Verankerung von Netzzuggangsverordnungen für Strom und Gas
- Wirksame Verhinderung von missbräuchlichem Verhalten von Marktteilnehmern bei der Festlegung der Netznutzungsentgelte und Sicherung des Netzzugangs für alle Akteure, ggfs. durch Einrichtung einer unabhängigen nationalen Wettbewerbsbehörde als Ex-ante-Regulierungsinstanz[95]
- Einführung einer kostenorientierten Verteilnetzregulierung auf der Basis eines Revenue-Cap-Ansatzes („Multiple Driver Cap Regulation“)[96]
- Etablierung eines deutschlandweiten, regelzonenübergreifenden Regelenergiemarkts
- Sicherung eines fairen Zugangs zu Informationen für alle Marktteilnehmer als Voraussetzung für das Funktionieren von Terminmärkten (z. B. Kraftwerks- und Leitungsrevisionen, Ausfälle, aktuelle Netzlast etc.)
- Abbau von Transaktionskosten durch Aufstellung verbindlicher Leitfäden für das Procedere des Versorgerwechsels (z. B. faires Kündigungs- und Bearbeitungsmanagement)
- Öffnung des Netzmonopols bei Zählern und beim Messwesen
- Verschärfung der Fusionskontrolle insbesondere im Hinblick auf horizontale Beteiligungen von Verbundunternehmen an kommunalen und regionalen Unternehmen sowie für vertikale Fusionen im Energiesektor.

(1781) Darüber hinaus müssen vor allem für Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz durch neue politische Ansätze Kompensationen für die wegfallenden Energiesparaktivitäten der Energieversorgungsunternehmen geschaffen sowie Hemmnisse hinsichtlich der Substitutionskonkurrenz zwischen Endenergie und Effizienztechniken abgebaut werden.

[95] Darüber hinaus könnte eine solche Instanz beauftragt werden, die Versorgungssicherheit in den Bereichen Erzeugung und Netze kontinuierlich zu überwachen. Insgesamt ist der EU-Kommission zuzustimmen, die konstatiert, dass der erforderliche Regulierungsgrad wesentlich von der Entflechtung der Netzeigentumsverhältnisse abhängt. Vergleiche Europäische Union (2001n): S.19.

[96] Vergleiche dazu ausführlich Leprich u.a. (2001).

(1782) Die meisten dieser Schritte befinden sich in guter Übereinstimmung mit dem aktuellen Vorschlag des Europäischen Parlaments zur Erweiterung der EU-Binnenmarktrichtlinie Strom.[97]

Bewertung

(1783) Die beschriebenen Ansätze für eine konsequentere und beschleunigte Liberalisierung der Energiemärkte in Deutschland sind Voraussetzung dafür, die dem Wettbewerb zugeschriebenen ökonomischen Vorteile auch tatsächlich zu erreichen. Sie orientieren sich an den bislang gemachten weltweiten Liberalisierungserfahrungen sowie an theoretischen Konzeptionen, bei denen Zielerreichung und ökonomische Effizienz im Vordergrund stehen. Möglichkeiten und Grenzen einer eigentumsrechtlichen Entflechtung der einzelnen Marktstufen wären rechtlich zu prüfen. Eine im obigen Sinne vollzogene Liberalisierung führt zu einer größeren Akteursvielfalt, einer Machtdekonzentration sowie einem level playing field zwischen den zukünftigen Bereitstellungsoptionen im Strombereich. Aus diesen Empfehlungen folgt indes kein staatlicher Rückzug aus dem Strom- und Gasmarkt, vielmehr gilt nach wie vor, wie die Kommission schon im ihrem Ersten Bericht betont hat, dass durch geeignete, politisch zu setzende Rahmenbedingungen und spezifische Instrumente der Wettbewerbsprozess mit Blick auf die umwelt- und klimaschutzpolitischen Belange flankiert werden muss.

b) Beschleunigter Abbau von Subventionen klimabelastender und risikobehafteter Energieträger

Begründung der staatlichen Intervention

(1784) Subventionen sollten in erster Linie der Korrektur von Marktversagen dienen, d. h. etwa der Finanzierung öffentlicher Güter oder der Internalisierung externer Effekte. Darüber können Subventionen auch als Ausgleich von Einkommenseffekten angesehen werden.

Zielsetzung

(1785) Die wesentliche Zielsetzung eines beschleunigten Abbaus von Subventionen klimabelastender und risikobehafteter Energieträger liegt weniger im zu erzielenden Umverteilungsaufkommen, sondern vor allem im Abbau von Marktverzerrungen zuungunsten ökologischer Alternativen. Überall dort, wo keine Korrektur von Marktversagen vorliegt, sollte eine zügige Rückführung der Subventionen – nach Maßgabe sozialer Flankierungen – erfolgen.

Rechtliche Ausgestaltung

(1786) Im Falle direkter Finanzhilfen sind die einzelnen gesetzlichen Regelungen zu streichen, im Falle von Steuervergünstigungen ist die einschlägige Steuergesetzgebung zu ändern.

[97] Vergleiche Europäische Union (2001d) (KOM (2001) 125-2).

Kurzbeschreibung

(1787) Im Subventionsbericht der Bundesregierung werden rund 100 Finanzhilfen und mehr als 80 Steuervergünstigungen aufgezählt, mit einem Gesamtvolumen von rund 290 Mrd. DM. Davon werden Subventionen im Umfang von 85 Mrd. DM als „ökologisch problematisch“ eingestuft.[98]

(1788) Die Kommission hält im Hinblick auf die Gestaltung einer nachhaltigen Energiewirtschaft folgende Schritte für geboten:

- Weitere Rückführung der Subventionen heimischer Steinkohle über 2005 hinaus
- Weitere zügige Rückführung der Gasölbeihilfe für die Landwirtschaft mit dem Ziel ihrer vollständigen Abschaffung
- Sukzessiver Abbau der Steuerermäßigung für Dieselkraftstoff gegenüber unverbleitem Normalbenzin bei gleichzeitiger Angleichung der Kfz-Steuer auf die jeweiligen Fahrzeuge
- Schrittweise Aufhebung der pauschalen Ausnahmeregelungen von der Ökosteuer insbesondere für die Wirtschaft in Abhängigkeit von unternehmensindividuellen Maßnahmen (s. u.)
- Streichung der Grundsteuerbefreiung für Flughäfen
- Initiativen seitens der Bundesregierung für eine EU-weite Flugbenzinbesteuerung.

(1789) Darüber hinaus empfiehlt die Kommission, die Vergabe der Eigenheimzulage für private Hausbesitzer an die Einhaltung ökologischer Standards zu koppeln sowie die Förderungsmittel für neue Eigenheime zugunsten einer Förderung der Sanierung des Gebäudebestandes umzuschichten.

Bewertung

(1790) Ein zielgerichteter Subventionsabbau bei ökologisch bedenklichen Produkten und Produktionsprozessen beseitigt bestehende Marktverzerrungen und führt dadurch zu höherer ökonomischer Effizienz. Gleichzeitig verteuert er i. d. R. die Preise, so dass auch eine ökologische Lenkungswirkung zu erwarten ist. Die Geschwindigkeit des Subventionsabbaus sollte die Sozialverträglichkeit der jeweiligen Anpassungsprozesse nicht gefährden.

c) Abbau der Wettbewerbsvorteile durch die Rückstellungen für Entsorgung und Stillegung bei Kernkraftwerksbetreibern

Begründung der staatlichen Intervention

(1791) Betreiber von KKWs können aus den Rückstellungen für Entsorgung und Stillegung von KKWs bis zum Zeitpunkt der zweckbestimmten Verwendung der Mittel gegenüber Wettbewerbern einen beträchtlichen Vorteil aus Zinsgewinnen und Liquidität ableiten. KKW-Betreiberunternehmen haben bisher mehr als 63 Mrd. DM für die Stillegung, den Rückbau und die Entsorgung steuerfrei zurückgestellt. Diese Mittel können zum Verdrängungswettbewerb auf dem Strommarkt sowie zum Ankauf bzw. zur Beteiligung an Unternehmen etwa der Energie-, Wasser-, Informations- und Entsorgungsbranche verwendet werden.[99]

Zielsetzung

(1792) Die Rückstellungen sollten in wettbewerbsneutraler Form und in ausreichender Höhe bis zu dem Zeitpunkt der Verwendung den stets risikobehafteten wirtschaftlichen Aktivitäten der Betreiber entzogen werden. Dadurch wird einerseits sichergestellt, dass die Mittel auch im notwendigen Umfang zurückgestellt werden, andererseits aber dadurch nicht gegenüber Wettbewerbern ein Vorteil bei der Strompreiskalkulation oder beim Kauf von Firmen oder von Beteiligungen erfolgen kann.

Kurzbeschreibung und rechtliche Ausgestaltung

(1793) Die Rückstellungen werden (wie in anderen Staaten) in einen öffentlich-rechtlichen Stillegungs- und Entsorgungsfonds eingezahlt. Die wettbewerbsverzerrende Wirkung der privilegierten Rückstellungspraxis wird dadurch verhindert, der Rechtsanspruch der KKW-Betreiber bleibt gewährleistet und die von den Stromkunden bezahlten Rückstellungsmilliarden werden konkurssicher angelegt.

Bewertung

(1794) Das Vorhaben, die Rückstellungen in einen öffentlich-rechtlichen Fond zu überführen, folgt ausschließlich dem Ziel, die Mittel für die vorgesehene Verwendung zu sichern, was angesichts der Marktrisiken nach dem Beginn der Liberalisierung bei einem Verbleib in den Unternehmensbilanzen nicht mehr garantiert ist. Ein Nebenziel ist weiterhin, die durch die Zugriffsmöglichkeit auf die Rückstellungen Marktverzerrungen abzubauen. Keinesfalls sollen die Mittel des öffentlich-rechtlichen Fonds bzw. die Anlageerträge – wie von verschiedenen Seiten vorgeschlagen – für andere Zwecke eingesetzt werden.

---

[98] Vergleiche Seiche/Wuttke (1999). Zum Subventionsabbau insgesamt vgl. DIW/IFW (1999), OECD (2001).

[99] Das Europäische Parlament hat diese Problematik in seiner Stellungnahme zu den Vorschlägen für die neuen Liberalisierungsrichtlinien wie folgt thematisiert: „Zur Sicherstellung der Verfügbarkeit von Mitteln für künftige Stilllegungen sowie zur Vermeidung von Hindernissen für einen fairen Wettbewerb im Energiemarkt müssen die Mitgliedstaaten eine getrennte Buchführung für die Finanzierung künftiger Stilllegungen oder Abfallbewirtschaftungsmaßnahmen festlegen. Diese Mittel sind jährlich von einer unabhängigen Einrichtung, wie etwa dem Regulierer oder einer Regulierungsstelle, zu überprüfen, damit sichergestellt wird, dass die für derartige zukünftige Tätigkeiten vereinnahmten Beträge sowie die hierauf entfallenden Zinsen nur für diese Zwecke verwendet werden, d. h. für Stillegungen oder Abfallbewirtschaftungsmaßnahmen, und dass sie weder direkt noch indirekt zur Finanzierung von Tätigkeiten im Markt herangezogen werden“ (Europäische Union 2002b).

6.3.3.1.2 Spezielle Instrumente für eine nachhaltige Energienutzung und für Klimaschutz

(1795) Da der Emissionshandel als globales Klimaschutzinstrument bereits im Kontext der europäischen Instrumentendiskussion abgehandelt wurde (vgl. Kapitel 6.3.2), konzentriert sich die Enquete-Kommission an dieser Stelle auf die Weiterentwicklung der Ökologischen Steuerreform (a) sowie auf die Unterstützung kommunaler Klimaschutzaktivitäten (b).

a) Weiterentwicklung der Ökologischen Steuerreform

Energieträgerbezogen?	Ja, vor allem aus steuertechnischen Gründen
Technologiebezogen?	Nein
Sektorbezogen?	Nein (abgesehen von den Sonderregelungen im Industriebereich)
Akteursbezogen?	Nein
Hemmnisbezogen?	Nein
Marktphasenbezogen?	Nein
Produktlebenszyklusbezogen?	Ja, bezogen auf die Nutzungsphase der Energieträger

Begründung der staatlichen Intervention

(1796) Im Kern ist die 1999 in Deutschland eingeführte Ökologische Steuerreform mit der Internalisierung von externen Effekten zu begründen. Die dadurch veränderten Preisverhältnisse sollen zu mehr Energieeffizienz führen und damit einen Umweltschutz-/Klimaschutzbeitrag leisten. Die gleichzeitige Entlastung des Faktors Arbeit führt zu einer Verlagerung der Steuer- und Abgabenlast von Arbeit zu Energie, was auch unter ökonomischen Gleichgewichts- und Stabilitätsaspekten für Deutschland sinnvoll ist.

Zielsetzung

(1797) In der konkreten Ausgestaltung, wonach

– die Steuer aufkommensneutral gestaltet ist und ihr Aufkommen ausschließlich zur Senkung bzw. Stabilisierung der Rentenversicherungsbeiträge verwendet wird und

– sie über einen Zeitraum von 5 Jahren kontinuierlich erhöht wurde,

verfolgt sie kein Aufkommensziel, sondern ein zweifaches Lenkungsziel:

a) eine direkte Verhaltenslenkung durch Erhöhung der Preise für den Faktor Energie bei gleichzeitiger Verbilligung des Faktors Arbeit und

b) eine prospektive Verhaltenslenkung durch die vorherige Ankündigung, die Preise über einen definierten Zeitraum kontinuierlich anzuheben.

(1798) Durch eine pauschale Entlastung des produzierenden Gewerbes sowie der Land- und Forstwirtschaft soll die internationale Wettbewerbsfähigkeit der Wirtschaft wegen der fehlenden einheitlichen Steuerregelung auf europäischer Ebene nicht gefährdet werden.

Rechtliche Ausgestaltung

(1799) Die Weiterentwicklung der Ökologischen Steuerreform mündet in eine Novellierung des bestehenden Gesetzes von 1999. Dabei ist zu prüfen, wie die Ökosteuer zu einer ökologischen Finanzreform weiter entwickelt werden kann (s. u.).

Kurzbeschreibung

(1800) In insgesamt fünf Stufen (1999 bis 2003) wurden die Steuersätze auf Strom um insgesamt 4 Pf/kWh (2,05 Ct./kWh) und die Steuersätze auf Kraftstoffe um insgesamt 30 Pf/l (15,3 Ct./l) angehoben. Die Steuersätze auf leichtes Heizöl (4 Pf/l), Erdgas (0,32 Pf/kWh) und Flüssiggas (2,5 Pf/kg) wurden nur einmalig 1999 angehoben bzw. eingeführt. Das Aufkommen wird grundsätzlich zur Senkung bzw. Stabilisierung der Lohnnebenkosten (v. a. Rentenversicherung, möglicherweise Arbeitslosenversicherung) verwendet mit Ausnahme eines Teils der Steuereinnahmen, der auf die Besteuerung erneuerbarer Energien entfällt und das Marktanreizprogramm für dieselben finanziert.

(1801) Sonderregelungen für das produzierende Gewerbe sowie die Land- und Forstwirtschaft, für den Stromeinsatz in Nachtspeicherheizungen und den Öl- und Gaseinsatz bei der Stromerzeugung mit und ohne Kraft-Wärme-Kopplung sind Bestandteil des Kompromisspaketes gewesen, das die Verabschiedung des Gesetzes ermöglicht hat.

(1802) Die Kommission hält im Hinblick auf die Gestaltung einer nachhaltigen Energiewirtschaft eine Weiterentwicklung der Ökologischen Steuerreform um die folgenden Punkte für zielführend:

– Kontinuierliche Fortschreibung einer realen Anhebung der Steuersätze über einen adäquaten Zeitraum, um den Lenkungseffekt zu verstärken. Dabei sollte die Struktur der Steuersätze nach Maßgabe der mit den Energieträgern verbundenen Umweltbelastungen stärker differenziert und die bislang von der Steuer befreiten Energieträger schweres Heizöl, Kohle und Uran einbezogen werden;

– Weiterentwicklung der pauschalen Sonderregelungen für die Wirtschaft hin zu differenzierteren Sonderregelungen in Abhängigkeit von Anwendungen sowie von der Durchführung unternehmensindividueller Maßnahmen (z. B. Energie-Audits, Teilnahme an einem Emissionshandelssystem, Selbstverpflichtungen etc.);

– Verwendung eines Teils des Steueraufkommens für gezielte ökologische Maßnahmen wie Beiträge zur energetischen Sanierung des Altbaubestandes (Aufkommenseffekt);

– Begleitendes Informations- und Kommunikationskonzept zur Akzeptanzverbesserung des Instruments.

(1803) Im Rahmen einer Fortentwicklung der Ökologischen Steuerreform zu einer umfassenderen Ökologischen Finanzreform ist neben den weiter oben erwähnten Maßnahmen zum Abbau von Subventionen klimabelastender und risikobehafteter Energieträger die Steuerbefreiung der erneuerbaren Energien ebenso ins Auge zu fassen wie die Reduzierung der Mehrwertsteuersätze auf den Fernschienenverkehr.

Bewertung

(1804) Die bisherigen Lenkungseffekte der Ökologischen Steuerreform sind auf Grund der traditionell geringen Preiselastizität der Nachfrage in allen Energiesektoren sowie des seit einiger Zeit nicht mehr zum Tragen kommenden Ankündigungseffektes eher begrenzt gewesen, wenngleich die mit ihr verbundenen kognitiven Prozesse nicht vernachlässigt werden sollten. Die Schaffung zusätzlicher Arbeitsplätze ist fast ausschließlich auf die Senkung der Lohnnebenkosten zurück zu führen.[100] Aus steuertechnischen Gründen ist eine differenzierte Besteuerung von Endenergieträgern gewählt worden, wobei aus ökonomischer und ökologischer Sicht eine Besteuerung auf der Grundlage des Primärenergiegehalts und/oder der spezifischen CO_2-Emissionen verursachungsgerechter, effizienter und zielführender gewesen wäre. Die politische Akzeptanz der Ökologischen Steuerreform ist nicht eindeutig, was zum einen der fehlenden ökologischen Ausstrahlung, zum anderen der allgemeinen Steuerbelastung geschuldet ist. Die Vorschläge zur Weiterentwicklung der Ökologischen Steuerreform tragen diesen Kritikpunkten weitgehend Rechnung, ohne das Konzept insgesamt in Frage zu stellen.

b) Unterstützung kommunaler Klimaschutzaktivitäten

Energieträgerbezogen?	Nein
Technologiebezogen?	Nein
Sektorbezogen?	Nein
Akteursbezogen?	Ja, auf kommunale Gebietskörperschaften
Hemmnisbezogen?	Ja, insbesondere Abbau von Informationsdefiziten
Marktphasenbezogen?	Nein
Produktlebenszyklusbezogen?	Nein

[100] Vergleiche DIW (2001b).

Begründung der staatlichen Intervention

(1805) Kommunale Akteure können einen wesentlichen Beitrag zur Bewusstseinsbildung, zum Abbau von Informationsdefiziten sowie zum Wissenstransfer leisten. Zugleich können sie eine Vorbildfunktion übernehmen und Innovationen auslösen. Darüber hinaus stellen die Kommunen durch planerische Entscheidungen die Weichen für lokale und regionale Energie- und Versorgungssysteme. Außerdem sind sie für Infrastrukturinvestitionen mit wesentlichem Einfluss auf Energie und Mobilität zuständig (z. B. Nahwärmesysteme, ÖPNV etc.). Schließlich übernehmen Kommunen zunehmend eine Rolle als Initiatoren und Partner in lokalen und regionalen Kooperationen für Klimaschutzinvestitionen.

Zielsetzung

(1806) Stabilisierung und Ausweitung bereits existierender Ansätze kommunaler Klimaschutzaktivitäten, um im Rahmen der föderalen Aufgabenteilung zwischen Bund, Ländern und Kommunen ein hohes Maß an Effektivität zu erzielen.

Rechtliche Ausgestaltung

(1807) Es sind entsprechende Möglichkeiten verbindlicher Vereinbarungen zwischen Bundesregierung und Kommunen zu untersuchen, die Anreizsysteme für das Erbringen kommunaler Klimaschutzbeiträge beinhalten.

Kurzbeschreibung

(1808) Auf der Konferenz der Vereinten Nationen über Umwelt und Entwicklung (UNCED) im Juni 1992 ist in Rio de Janeiro ein Aktionsplan für die drängendsten Fragen des 21. Jahrhunderts unterzeichnet worden: die Agenda 21. Da viele der dort angesprochenen Probleme und Lösungen auf Aktivitäten der örtlichen Ebene zurückzuführen sind, ist jede Kommune weltweit aufgefordert, im Sinne der Vorgaben eine eigene Lokale Agenda 21 aufzustellen. Eine Reihe von deutschen Kommunen wie beispielsweise Augsburg oder Hannover sind seither bestrebt, eine solche Agenda mit Leben zu füllen und konkrete Nachhaltigkeitsprojekte durchzuführen.

(1809) Das Klima-Bündnis vertritt die Interessen der im Klimaschutz engagierten europäischen Kommunen. Seit der Gründung im Jahre 1990 sind fast 1 000 Städte, Gemeinden und Landkreise dem Bündnis beigetreten. Die Kommunen erarbeiten umfassende Klimaschutzstrategien und ergreifen vielfältige Maßnahmen zu ihrer Umsetzung, vor allem in den Bereichen Energie und Verkehr. Eine Partnerschaft mit den indigenen Völkern der Regenwälder ist als Teil der Bemühungen um nachhaltige Entwicklung und Gerechtigkeit zwischen Nord und Süd anzusehen.

(1810) Der International Council for Local Environmental Initiatives (ICLEI) versteht sich als internationale Umweltagentur für Kommunen. Mehr als 350 Städte und Gebietskörperschaften aus der ganzen Welt haben sich hier zusammengeschlossen, um Umweltschutz und nachhaltige Entwicklung auf lokaler Ebene voranzutreiben. ICLEI

erfüllt vor allem die Funktion eines Kompetenzzentrums, das durch Beratungsleistungen, technische Unterstützung und Weiterbildungsmaßnahmen versucht, entsprechende Wissenskapazitäten bei den Kommunen aufzubauen.

(1811) Zur Unterstützung aller drei Ansätze sowie zur Neuakzentuierung der klimapolitischen Zusammenarbeit zwischen Bundesregierung und Kommunen hält die Kommission es für notwendig, die hohe Bereitschaft vieler Kommunen zur Erbringung von Klimaschutzbeiträgen im Rahmen eines burden sharing finanziell zu flankieren. In einem ersten Schritt sollte dabei untersucht werden, ob, inwieweit und unter welchen Voraussetzungen in Deutschland verbindliche Vereinbarungen zwischen der Bundesregierung und den Kommunen getroffen werden können und wie ein Monitoring-Prozess kommunaler Klimaschutzaktivitäten ausgestaltet werden müsste, um belastbare Aussagen über daraus resultierende Reduktionserfolge von Treibhausgasemissionen machen zu können. Begleitend dazu sind die bereits vorhandenen kommunalen Aktivitäten finanziell zu flankieren und auszubauen („capacity building“).

Bewertung

(1812) Viele technische und organisatorische Klimaschutzoptionen lassen sich auf einer dezentralen Ebene sehr viel besser realisieren als zentral, da die Transaktionskosten durch die Einbeziehung dezentraler Akteure verringert und Least-Cost-Optionen schneller erkannt werden können. Die Unterstützung kommunaler Klimaschutzaktivitäten kann in diesem Sinne dazu beitragen, die Effektivität und die ökonomische Effizienz von Programmen zu erhöhen.

6.3.3.2 Grenzen global steuernder Instrumente

(1813) Unter global marktsteuernden Instrumenten werden diejenigen staatlichen Eingriffe verstanden, die über die Veränderung relativer Preise technologie-, akteurs- sowie ggfs. sektorübergreifende Lenkungswirkungen in Bezug auf Energieverbrauch oder Emissionen entfalten. Zu diesen Instrumenten zählen einerseits Steuern auf Energieverbrauch oder Emissionen und andererseits Instrumente der emissions- oder energieverbrauchsbezogenen Mengensteuerung (handelbare Emissionszertifikate etc.).

(1814) Im Bereich des Klima- und Umweltschutzes können global marktsteuernde Instrumente als Instrumente für die breite Internalisierung externer Kosten aufgefasst werden. Sie integrieren die Kosten der Umweltbelastung bzw. den Nutzen der Umweltentlastung in das allgemeine Preissystem. Damit sind sie nach dem Verständnis der Kommission notwendige Voraussetzung für die Gestaltung eines nachhaltig-zukunftsfähigen Energiesystems.

(1815) Dabei kommt es jedoch nicht darauf an, ein einziges global marktsteuerndes Instrument für alle Verursacherbereiche einzusetzen. So ist es sehr gut vorstellbar, dass z. B. aus Gründen der Praktikabilität oder der Effizienz (Transaktionskosten etc.) für unterschiedliche Sektoren der Volkswirtschaft auch unterschiedliche global marktsteuernde Instrumente zum Einsatz kommen. Die Entscheidung für einen Instrumententypus (z. B. Energie- oder Emissionssteuern) für bestimmte Sektoren schließt den Einsatz des anderen (handelbare Emissionszertifikate) für andere Sektoren damit keineswegs aus.

(1816) Global marktsteuernde Instrumente sind jedoch in der Realität nicht hinreichend für die nachhaltig-zukunftsfähige Gestaltung des Energiesystems und müssen durch sektor-, akteurs- oder technologiespezifische Instrumente ergänzt werden. Der Einsatz solcher Instrumente sollte jedoch spezifisch begründet werden. Dies gilt auch in Bezug auf die Tatsache, dass die Internalisierung externer Kosten über global marktsteuernde Instrumente mit erheblichen Quantifizierungsproblemen bei den externen Kosten konfrontiert ist und bleibt. Dies gilt sowohl hinsichtlich der Quantifizierung der Wirkungen (auch sehr grundsätzlicher Art: wie sollen z. B. Verluste der Artenvielfalt oder bei der Naturästhetik beziffert werden?) als auch insbesondere bei deren Monetarisierung. Allein dies sind prinzipielle Gründe dafür, dass ergänzende Instrumentenbündel notwendig sind.

(1817) Die Grenzen global marktsteuernder Instrumente ergeben sich darüber hinaus vor allem aus den folgenden Aspekten:

– Die *Märkte* im allgemeinen wie auch Märkte für Energiedienstleistungen sind *nicht vollkommen,* sie weisen auch jenseits der Existenz externer Kosten (diese könnten zumindest prinzipiell mit global marktsteuernden Instrumenten internalisiert werden) eine Reihe von Hemmnissen und Unvollkommenheiten auf (Informationsasymmetrien, Marktmacht etc.). In bestimmten Konstellationen läuft die Lenkungswirkung von Preissignalen aufgrund struktureller Probleme (z. B. Nutzer-/Investor-Dilemma, unterschiedliche Verzinsungsansprüche – *pay back gap*) ins Leere.

– Global marktsteuernde Instrumente bewirken eher *kurzfristige Anpassungsreaktionen.* Für Handlungsfelder oder Optionen, die wie z. B. der Gebäudesektor wegen der langen Lebensdauer und der langen Sanierungszyklen eine erhebliche Bedeutung für die Langfristperspektive haben, setzen sie oft keine ausreichenden Preissignale und führen in der Langfristperspektive zu erheblichen Ineffizienzen. Es wird z. B. bei Gebäuden allein über Energiepreisimpulse nicht sichergestellt, dass zum Zeitpunkt ohnehin anfallender Sanierungsinvestitionen (z. B. Fassadenerneuerung) energetische Sanierungsmaßnahmen mit einer technischen und wirtschaftlichen Lebensdauer von 30 bis 40 Jahren (z. B. Fassadendämmung) auch wirklich optimal realisiert werden.

– Das *Zielspektrum* für die nachhaltig-zukunftsfähige Entwicklung im Energiebereich ist weiterhin *nicht so eindimensional* wie die Lenkungsfunktion global marktsteuernder Instrumente. Es beschränkt sich weder auf einen Schadstoff oder Risikobereich, noch sind die verschiedenen ökologischen, wirtschaftlichen und sozialen Ziele widerspruchsfrei. Klimaschutz (durch Preisanreize zur CO_2-Minderung) ist beispielsweise nur ein Teilziel eines nachhaltigen Energiesystems, durch das die gesamten externen Kosten des Energieverbrauchs (z. B. auch durch andere Risikotechnologien) minimiert werden

müssen und das auch weiteren sozialen und ökonomischen Kriterien genügen muss. Wenn politische Steuerung auf Kompromisse zwischen verschiedenen Zielen ausgerichtet werden soll, stoßen global marktsteuernde Instrumente an ihre Grenzen und müssen entweder durch andere Instrumente flankiert oder entsprechend modifiziert werden. Ein umfassendes CO_2-Zertifikatssystem könnte beispielsweise ohne weitere Flankierung durch andere Instrumente Zielen der Versorgungssicherheit zuwiderlaufen. Ähnliches gilt für die soziale oder wirtschaftliche Verträglichkeit.

– Nachhaltig-zukunftsfähige Entwicklung als langfristige Gestaltungsaufgabe erfordert in hohem Maße *Learning Investments,*[101] es müssen neue Handlungsoptionen entwickelt und bestimmte Handlungsoptionen erhalten werden. Märkte sind für solche Erfordernisse weitgehend „blind“. Damit entsteht die Notwendigkeit, technologiespezifische Instrumente (temporär) einzusetzen, bis die entsprechenden Optionen unter den Rahmenbedingungen global marktsteuernder Instrumente wettbewerbsfähig werden. Das Potenzial zu einer so verstandenen Wettbewerbsfähigkeit bildet jedoch eine Vorbedingung für den Einsatz technologiespezifischer Instrumente mit Ausrichtung auf *Learning Investments.* In gleicher Weise gilt dies, wenn politische Prozesse durch Vorreiterinitiativen vorangebracht werden können und sollen.

– Schließlich werden akteurs-, sektor- oder technologiespezifische Instrumente eingesetzt, um instrumentelle Lücken für die Fälle zu schließen, in denen global marktsteuernde Instrumente aus politischen oder Akzeptanzgründen nicht oder nur teilweise umgesetzt werden können. Die Kommission weist jedoch darauf hin, dass stets das Ziel aufrecht erhalten werden sollte, solche Konstellationen zu vermeiden. Die möglichst weitgehende Internalisierung externer Kosten stellt bei allen Unvollkommenheiten einen prioritären und notwendigen, wenn auch keineswegs hinreichenden instrumentellen Ansatz dar.

6.3.3.3 Sektor-, zielgruppen- und technologiespezifische Instrumente für den Strommarkt

(1818) Der Strommarkt ist mit einem Anteil von rund 35 % am deutschen Primärenergiebedarf und mit rund einem Drittel an den CO_2-Emissionen für eine Nachhaltigkeitsstrategie von herausragender Bedeutung. Wie bereits ausgeführt (vgl. 6.3.4.2), reichen global wirkende Instrumente nicht aus, um zügig in eine nachhaltige Elektrizitätswirtschaft hineinzuwachsen. Aus Sicht der Kommission sind durch den Einsatz zusätzlicher spezifischer Instrumente drei Teilziele innerhalb dieses Sektors zu verfolgen:

– Erhöhung des Anteils regenerativer Energien

Eine Richtlinie vom September 2001 legt eine Verdopplung des Anteils regenerativer Energien an der Stromerzeugung in der EU bis zum Jahr 2010 fest.[102] Das nicht verbindlich vorgeschriebene nationale Richtziel soll sich an diesem Gemeinschaftswert orientieren. Die Enquete-Kommission geht davon aus, dass für Deutschland mindestens ein solches Verdopplungsziel angestrebt werden sollte.

– Erhöhung des Anteils der Kraft-Wärme-Kopplung

Auch hier plant die EU-Kommission für das laufende Jahr die Verabschiedung einer Richtlinie, die eine Verdopplung des KWK-Anteils an der Stromerzeugung in der EU bis 2010 vorsieht. Die Enquete-Kommission hält in Deutschland eine Verdopplung der KWK-Stromerzeugung bis 2010 für klimapolitisch unverzichtbar.

– Stärkung der Stromeffizienz beim Verbraucher

Durch die mit der Liberalisierung des Strommarktes einhergehenden Preissenkungen sowie die erheblich reduzierten Demand-Side-Management-Aktivitäten der Energieunternehmen auf der Vertriebsebene ist die effiziente Stromnutzung beim Verbraucher als Zielsetzung in den Hintergrund getreten. Die Enquete-Kommission sieht hier den Staat in der Pflicht, die entstandene Lücke durch entsprechende Aktivitäten zu füllen und für private Akteure (Contracting-Unternehmen, Energiedienstleistungunternehmen, Energieagenturen, Ingenieurbüros etc.) Anreize zu schaffen, um mit angemessenem Gewinn in die rationellere Energienutzung zu investieren.

(1819) Die Verfolgung dieser Teilziele im Stromsektor konkretisiert die Strategien 6.1.6 bis 6.1.8 und folgt dem im Nachhaltigkeitsszenario RRO aufgezeigten Handlungsbedarf.

6.3.3.3.1 Erhöhung des Anteils regenerativer Energien

(1820) Zur Erreichung dieses Ziels sieht die Enquete-Kommission zwei spezifische Instrumente als besonders geeignet an:[103]

a) die Weiterentwicklung des Einspeisegesetzes für erneuerbare Energien (EEG)[104]

b) die Einführung einer Kennzeichnungspflicht für Strom

a) Weiterentwicklung des Einspeisegesetzes für erneuerbarer Energien

Energieträgerbezogen?	Ja: es wird nach den einzelnen regenerativen Energien differenziert
Technologiebezogen?	Ja: Staffelung nach Leistungsgrößen; Unterscheidung On-shore-/ Off-shore-Windnutzung

[101] Vergleiche IEA (2000a).

[102] Vergleiche Europäische Union (2001j).

[103] Zu den notwendigen F&E-Aktivitäten vgl. Kapitel 6.3.5.

[104] Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz, EEG) vom 29. März 2000. Verkündet im Bundesgesetzblatt (BGBl) Teil 1, Nr. 13 vom 31. März 2000, S. 305 ff.

Sektorbezogen?	Nein (im Hinblick auf die Endverbrauchssektoren)
Akteursbezogen?	Ja: Netzbetreiber sind Verpflichtete, Anlagenbetreiber Begünstigte
Hemmnisbezogen?	Nein, nicht auf ein spezielles Hemmnis bezogen
Marktphasenbezogen?	Ja: Schutz der REG-Märkte wg. unzureichender Internalisierung und eines unreifen Stromerzeugungsmarktes
Produktlebenszyklusbezogen?	Nein

Begründung der staatlichen Intervention

(1821) Das Instrument dient der (indirekten) Internalisierung externer Kosten der Stromerzeugung insbesondere im Hinblick auf den Klimaschutz. Es schafft darüber hinaus die Voraussetzungen für den Marktzutritt von Akteuren mit der Perspektive, dass regenerative Stromerzeugung insgesamt in Deutschland wettbewerbsfähiger wird und damit einen wichtigen Beitrag zu einem nachhaltigen Strombereitstellungssystem leisten kann. Zusätzlich eröffnet und fördert es Innovationschancen, die auch für die Exportwirtschaft besonders wichtig sind.

Zielsetzung

(1822) Mit dem Instrument soll Finanzierungs- und Verfahrenssicherheit für die Anlagenbetreiber geschaffen werden, die regenerative Energien nutzen. Dies dient in erster Linie dem Ausbau dieses Segments der Stromerzeugung und damit der Erreichung des deutschen und europäischen Klimaschutzziels, aber auch der Schaffung von Arbeitsplätzen.

Rechtliche Ausgestaltung

(1823) Das Instrument ist durch ein Bundesgesetz abzusichern und im Einzelfall durch Rechtsverordnungen zu präzisieren. Dies bedeutet konkret die Novellierung des bestehenden Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG).

Kurzbeschreibung

(1824) Das EEG ist durch folgende Charakteristika gekennzeichnet:

- Es legt die Höhe der Vergütung in ct./kWh über einen festen Zeitraum (20 Jahre) fest, die den Anlagenbetreibern unterschiedlicher regenerativer Stromerzeugungsanlagen zu zahlen ist. Die Vergütungshöhe ist nach Energieträgern, z. T. nach Anlagen und degressiv gestaffelt.
- Es verpflichtet die Verteilnetzbetreiber zur Aufnahme und Vergütung des regenerativ erzeugten Stromes, dessen Vergütungshöhe im Gesetz geregelt ist. Die aufgenommenen und vergüteten Mengen werden von den Übertragungsnetzbetreibern beglichen und anschließend den Vertriebsunternehmen/Händlern gleichmäßig in Rechnung gestellt. Diese können die Belastung nach Maßgabe der jeweiligen Wettbewerbssituation auf die Endkunden überwälzen.
- Es regelt den Mengen- und Vergütungsausgleich der Verteilnetzbetreiber über ein definiertes Umlageverfahren der Übertragungsnetzbetreiber.
- Es regelt die Aufteilung der Netzkosten zwischen Netz- und Anlagenbetreiber: Während letztere die Anschlusskosten zu tragen hat, müssen erstere mögliche Netzausbaukosten tragen.

(1825) Folgende Weiterentwicklungen bzw. Veränderungen des EEG sieht die Kommission als zielführend an:

- Klarstellung des Anwendungsbereichs:
  Neben einer Präzisierung des Anlagenbegriffs (Neuanlage vs. Anlagenerweiterung) sollte klargestellt werden, dass die nach dem derzeitigen Stand der Technik erforderliche Zünd- und Stützfeuerung nicht zum teilweisen Ausschluss von der EEG-Vergütung genutzt werden darf.
- Stärkere Differenzierung der Vergütung:
  Bei der Vergütung von Windstrom ist eine stärkere Degression der Vergütung sowie eine standortbezogene Spreizung zu prüfen, die Vergütungssätze für kleinere Biogasanlagen sollten verbessert werden.
- Verlängerung der Befristung zur Besserstellung von Offshore-Windanlagen:
  Die Befristung der Besserstellung bis 2006 sollte hinausgeschoben werden, da der Schwerpunkt des Offshore-Ausbaus deutlich über das Jahr 2006 hinausgehen wird.
- Senkung von Transaktionskosten für die Anlagenbetreiber:
  Hier geht es im wesentlichen um Klarstellungen wie diese, dass die Trennung von Netzanschluss- und Netzausbaukosten im Einklang mit den eigentumsrechtlichen Festlegungen erfolgen sollte, dass der Abschluss eines separaten Anschlussvertrages nicht erforderlich, eine gemeinsame Messeinrichtung für mehrere Anlagen zulässig und der jeweilige Anlagenbetreiber für die Messung der elektrischen Arbeit zuständig ist.

Bewertung

(1826) Das Instrument garantiert eine wesentliche Erhöhung des REG-Anteils an der Stromerzeugung, wenn auch keine punktgenaue Zielerreichung. Es ist rechtlich weitgehend unumstritten, seine Finanzierung erfolgt nach dem Verursacherprinzip. Durch seine spezifische Ausgestaltung ermöglicht es die Marktteilnahme eines breiten Spektrums von Akteuren insbesondere aus der mittelständischen Wirtschaft. In einer Wettbewerbsphase, die durch Unreife und zunehmende Marktvermachtung der deutschen Stromerzeugung gekennzeichnet ist, ist es das zielführendste Instrumente. Auf Grund hoher, größtenteils nicht internalisierter externer Effekte der fossil-nuklearen Stromerzeugung sind die Märkte für regenerative Stromerzeugung zu schützen; allerdings ist darauf zu achten, dass die Ausgestaltung

des Instruments den technischen Fortschritt und die Erreichung von dynamischen Kostenreduzierungen unterstützt. Dadurch ist der Gefahr von Mitnehmereffekten gezielt zu begegnen. Mit zunehmendem Reifegrade des Teilsegments regenerative Stromerzeugung und der Funktionsfähigkeit des Erzeugungswettbewerbs insgesamt – hier vor allem im Hinblick auf einen diskriminierungsfreien Netzzugang (s. o.) – ist die Form des Wettbewerbsschutzes in der Perspektive möglicherweise zu modifizieren, um weitere Innovations- und Effizienzpotenziale zu erschließen. Zumindest ist das Instrument regelmäßig einem Monitoring zu unterziehen, um abzuschätzen, ob seine Anwendung noch für die jeweilige Marktsituation adäquat ist.

b) Einführung einer Kennzeichnungspflicht für Strom

Energieträgerbezogen?	Ja, auf Strom
Technologiebezogen?	Nein
Sektorbezogen?	Nein (im Hinblick auf die Endverbrauchssektoren)
Akteursbezogen?	Ja, auf alle Stromlieferanten
Hemmnisbezogen?	Ja, im Hinblick auf Marktintransparenz
Marktphasenbezogen?	Nein
Produktlebenszyklusbezogen?	Nein

Begründung der staatlichen Intervention

(1827) Eine Kennzeichnungspflicht führt zu einer verbesserten Markttransparenz und damit zu einer rationaleren Entscheidungsgrundlage für die Endverbraucher.

Zielsetzung

(1828) Die Kennzeichnung von Strom soll dazu beitragen, das Umweltbewusstsein der Verbraucher zu schärfen und ihnen ein zusätzliches Argument bei der Auswahl ihres Stromlieferanten an die Hand zu geben. Darüber hinaus soll die Möglichkeit einer Doppelvermarktung von EEG-vergütetem Strom ausgeschlossen werden.

Rechtliche Ausgestaltung

a) EU

(1829) Der Gedanke einer allgemeinen Kennzeichnungspflicht für Strom wurde von der EU-Kommission in ihrem Vorschlag zu einer Richtlinie zur Vollendung des Binnenmarktes für Strom und Gas aufgenommen.[105] Demnach sollen den Verbrauchern Informationen zu vertraglichen Bedingungen, dem eingesetzten Primärenergiemix sowie den Treibhausgasemissionen offen gelegt werden. Dieser Richtlinienentwurf der EU-Kommission wurde vom EU-Parlament um den Vorschlag ergänzt, den Energieträgermix sowohl für das einzelne Produkt als auch für das gesamte Portfolio des Lieferanten auszuweisen.[106] Weiter sollen Anteile an Strom aus KWK-Anlagen und eine Aufschlüsselung nach dem Herkunftsland des Stromes angegeben werden. Mit dem Abschluss der Beratungen zwischen Rat und Parlament über den Richtlinienentwurf wird im Herbst 2002 gerechnet.

b) Deutschland

(1830) In Deutschland besteht derzeit noch keine gesetzliche Pflicht zur Kennzeichnung von Elektrizität. Das Energiewirtschaftsgesetz wäre bei der Einführung einer solchen zu ergänzen, wobei dies mit Einrichtung eines öffentlichen Quellenverzeichnisses für Stromerzeugungsanlagen verbunden werden könnte. Im Mai 2002 hat sich allerdings auch der deutsche Wirtschaftsminister für eine Kennzeichnung von Strom ausgesprochen.

Kurzbeschreibung

(1831) Die Kennzeichnungspflicht existiert bereits in einigen Ländern wie Österreich und mehr als 20 Bundesstaaten der USA oder ist wie in der Schweiz oder in den Niederlanden in Planung.

Bei der Ausgestaltung eines Kennzeichnungsverfahrens sind folgende Punkte festzulegen:[107]

1. Umfang und Form der Kennzeichnung

(1832) Bei der Kennzeichnung ist in einem ersten Schritt der Umfang festzulegen, dazu gehören

– die betroffenen Primärenergieträger bzw. Produktionstechnologien, für die ein öffentliches Quellenverzeichnis einzurichten wäre,
– weitere Informationen wie Umweltwirkungen (CO_2-Emissionen, radioaktive Abfälle etc.) oder Vertragseigenschaften (Preis, minimale Vertragsdauer etc.).

(1833) Zweitens ist zu klären, ob sich die Kennzeichnung auf einzelne Stromangebote oder die gesamte Strombeschaffung der Anbieter oder auf beides bezieht. Und drittens muss eine standardisierte Form der Kennzeichnung verbindlich für alle Stromanbieter festgelegt werden.

2. Zielgruppe, Bezugszeitraum und Zeitpunkt der Kennzeichnung

(1834) Zielgruppe sind die Endverbraucher. Die Kennzeichnung erfolgt ex post mit Bezug auf das zurückliegende Geschäfts- oder Kalenderjahr.

3. Ausgestaltung des Informationstransfers (System der Herkunftsnachweise)

(1835) Für den Informationstransfer stehen grundsätzlich zwei unterschiedliche Möglichkeiten zur Diskussion:

---

[105] Vgl. Europäische Union (2001c) (KOM (2001) 125).

[106] Vergleiche Europäische Union (2001).

[107] Vergleiche dazu Dettli, Markard (2001), Dettli (2001), Öko-Institut (2002b).

– Der Informationsfluss wird an den Stromhandel, genauer gesagt an die kaufmännischen Transaktionen gekoppelt. Das heißt, mit jeder verkauften kWh Elektrizität wird auch die Information über Herkunft und Art der Erzeugung mitgeliefert.

– Der Informationsfluss erfolgt über Zertifikate, die unabhängig vom eigentlichen Stromfluss gehandelt werden können.

4. Organisationsstruktur der Kennzeichnung

(1836) Beim Vollzug der Kennzeichnungspflicht stellt sich grundsätzlich die Frage der Aufgabenteilung zwischen Elektrizitätswirtschaft, unabhängigen Gutachtern oder Wirtschaftsprüfern und Gesetzgeber. Die Schnittstellen zwischen den Akteuren und deren Kompetenzen sind zu bezeichnen.

5. Handhabung von Import und Export Wasserkraft sowie Übertragungs- und Verteilverlusten

(1837) Bei der Handhabung des Importes und des Exportes ist zu unterscheiden, ob die betroffenen Länder bereits über eine Kennzeichnungspflicht mit vergleichbarem Umfang verfügen. So ist beispielsweise zu vermeiden, dass Elektrizität „reingewaschen" wird, indem Scheingeschäfte abgewickelt werden. Bei der Wasserkraftnutzung sei nur der klar bestimmbare natürliche Zufluss ausschlaggebend für die Kennzeichnung.

(1838) Bei Übertragungs-, Verteilverlusten und Systemdienstleistungen (Regelenergie) ist ein Verfahren festzulegen, das diese Beiträge möglichst realitätsnah zuordnet und einfach handhabbar ist.

6. Toleranzen und Sanktionen

(1839) Die den Endverbrauchern angebotene Herkunft bzw. Zusammensetzung der Elektrizität wird aus technischen Gründen nicht genau der effektiv gelieferten Elektrizitätszusammensetzung entsprechen. Faktoren wie z. B. die Niederschläge oder die Sonnenscheindauer sowie Kraftwerksausfälle beeinflussen die Produktion, und die Veränderung der Gesamtnachfrage beeinflusst den eingesetzten Strommix erheblich. Das Kennzeichnungsverfahren muss daher die Handhabung der Abweichung festlegen.

Bewertung

(1840) Die Kennzeichnung von Strom und damit verbunden die Kennzeichnung von Erzeugungsanlagen ist eine wesentliche Voraussetzung für die Entwicklung des Kilowattstundenmarktes zu einem Qualitätsmarkt. Außerdem lassen sich durch die Einführung dieser Regelung Mitnehmereffekte des EEG reduzieren.

6.3.3.3.2 Erhöhung des Anteils der Kraft-Wärme-/Kälte-Kopplung (KWK)

(1841) Die KWK als zentraler Baustein einer erfolgversprechenden Klimaschutzpolitik ist durch den Liberalisierungsprozess und die damit einhergehenden Verzerrungen stark unter Druck geraten und tendenziell zurückgedrängt worden.

(1842) Um dieser Entwicklung zu begegnen und den KWK-Anteil in den kommenden Jahren zu erhöhen, wurde im Jahr 2002 das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz in Kraft gesetzt,[108] das im Kontext mit einer am 25. Juni 2001 paraphierten Vereinbarung zwischen der Bundesregierung und den energiewirtschaftlichen Verbänden[109] zu sehen ist. Für den Fall, dass die Kombination von gesetzlich flankierter Bestands- und Modernisierungsförderung, gesetzlicher Flankierung kleiner KWK-Anlagen (einschließlich Brennstoffzellen) und allein marktgetriebenem KWK-Zubau die gesetzten Ziele (10 Mio. t CO_2 bis 2005 und mindestens 20 Mio. t CO_2 bis 2010 – jeweils auf Basis 1998) nicht erreichen lässt, hält die Kommission als Anschlussregelung für das am 1. April 2002 in Kraft getretene KWK-Gesetz die Einführung einer Mengenregelung zur Förderung der KWK für notwendig und zielführend.

(1843) Dieses technologiespezifische Instrument unterstützt die eher global wirkenden Instrumente einer konsequenteren und beschleunigten Liberalisierung des Strommarktes sowie die Weiterentwicklung der Ökologischen Steuerreform bzw. die Einführung eines Emissionshandelssystems; sein Einsatz würde bei der Erreichung eines gewissen Reifegrades der Liberalisierung und ab einer gewissen Wirksamkeitsschwelle der globalen Klimaschutzinstrumente graduell weniger wichtig bzw. überflüssig.

Einführung einer Mengenregelung zur Förderung der KWK

Energieträgerbezogen?	Ja, KWK-Strom
Technologiebezogen?	Ja, KWK- bzw. KWKK-Anlagen
Sektorbezogen?	Nein (im Hinblick auf die Endverbrauchssektoren)
Akteursbezogen?	Nein
Hemmnisbezogen?	Ja, insbesondere im Hinblick auf Marktzutrittsschranken
Marktphasenbezogen?	Ja, solange Wettbewerbsverzerrungen existieren und die externen Kosten nur unzureichend internalisiert sind
Produktlebenszyklusbezogen?	Nein

108 Gesetz für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung vom 19. März 2002 (BGBl. Teil I Nr. 19, S. 1092ff.).

109 Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Minderung der CO_2-Emissionen und der Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung vom 25. Juni 2002 in Ergänzung zur Klimavereinbarung vom 9. November 2000.

Begründung der staatlichen Intervention

(1844) Das derzeit geltende KWK-Gesetz zielt in erster Linie darauf ab, den Bestand an KWK-Anlagen zu sichern und Anreize für Modernisierungsmaßnahmen zu geben. Ein nennenswerter Ausbau der KWK ist damit – mit Ausnahme kleiner KWK-Anlagen – ausdrücklich nicht verbunden. Allerdings wird ein wirksamer Beitrag der KWK zum Klimaschutz ohne einen erheblichen Ausbau der KWK nicht realisiert werden können. Die von der Kommission vorgeschlagene Mengenregelung soll demnach KWK-Anlagen in der von Verdrängungswettbewerb und Wettbewerbsverzerrungen charakterisierten Marktsituation den Marktzutritt ermöglichen und ihnen die Möglichkeit geben, nach Abbau der bestehenden Überkapazitäten und bei einem reiferen Wettbewerbsmarkt auf einem „level playing field“ gegen zentrale Optionen konkurrieren zu können. Darüber hinaus stellt sie eine indirekte Form der Internalisierung externer Effekte dar.

Zielsetzung

(1845) Mit Hilfe dieses Instrumentes soll der Anteil des in KWK erzeugten Stroms an der Gesamtstromerzeugung signifikant erhöht werden, dadurch bisher in Kondensationskraftwerken erzeugten Strom ersetzen und damit einen Beitrag zur Verringerung der CO_2-Emissionen leisten. Nebenziele sind das Hineinwachsen in ein langfristig optimales Strombereitstellungssystem sowie Impulse für den Arbeitsmarkt.

Rechtliche Ausgestaltung

(1846) Das Instrument ist als Pflichtkaufmodell im Sinne einer Quotenverpflichtung für Letztverteiler oder Endkunden zu konzipieren und entsprechend gesetzlich zu verankern.

Kurzbeschreibung[110]

(1847) Es wird gesetzlich vorgeschrieben, dass von der Elektrizität, die in Deutschland an Endverbraucher verkauft und nicht regenerativ erzeugt wird, wie auch von der durch Endverbraucher für den eigenen Bedarf erzeugten Elektrizität, ein vorgegebener Anteil (eine Quote) in KWK erzeugt werden muss. Dabei ist eindeutig zu regeln, was unter KWK verstanden wird und welche Qualitätskriterien ggf. angelegt werden sollen.[111] Um einen Ausbau der KWK-Kapazität zu erreichen, wird die Quote im Lauf der Zeit gesteigert, bis eine Zielquote erreicht wird.

(1848) Damit diese Quotenregelung den Stromhandel nicht verkompliziert und mit geringem Verwaltungsaufwand sowie grenzüberschreitend praktikabel ist, werden der Strommarkt und die Eigenschaft „KWK-Strom“ durch die Einführung handelbarer KWK-Stromzertifikate entkoppelt. Wer in Deutschland KWK-Strom erzeugt, erhält ein marktfähiges Zertifikat über die erzeugte Menge an KWK-Strom. Wer Strom an Endverbraucher verkauft bzw. für den eigenen Bedarf erzeugt, benötigt solche Zertifikate für den Nachweis des als KWK-Quote festgesetzten KWK-Anteils am verkauften (bzw. eigenerzeugten) Strom. Sofern der Verkäufer die Zertifikate nicht oder nicht in genügendem Maß (der Quote entsprechend) selbst erzeugt, muss er sie auf dem Zertifikatemarkt, ggf. direkt von KWK-Stromerzeugern kaufen.

(1849) Die Administration der Quoten-/Zertifikatsregelung kann entweder durch staatliche Stellen, aber auch durch Übertragung an Private erfolgen. Sie stellt die Zertifikate aus, überprüft die Angemessenheit der Quotenhöhe und überwacht die Einhaltung der Zertifikatsverpflichtungen. KWK-Erzeuger melden periodisch die Strom- und Wärmeerzeugung sowie die Brennstoffzufuhr; der Anspruch auf ein KWK-Zertifikat errechnet sich aus diesen drei Daten. Stromhändler melden jährlich die verkaufte Strommenge und die erworbenen Zertifikate; daraus ergibt sich die Erfüllung ihrer Zertifikatsverpflichtung.

(1850) Der Wert der Zertifikate bildet sich am Markt. Der Zertifikatshandel kann grenzüberschreitend praktiziert werden unter Ländern, die vergleichbare Quoten/ Zertifikatssysteme einrichten.

Bewertung

(1851) Das Instrument ist effektiv im Hinblick auf seine primäre Zielerreichung. Es ermöglicht eine verursachungsgerechte Abwälzung der Kosten auf die Verbraucher. Sein Kontrollaufwand ist nicht unbedeutend, erscheint aber akzeptabel. Es kann EU-verträglich, flexibel und transparent ausgestaltet werden; der Umlagemechanismus kann wettbewerbs- und sozialverträglich realisiert werden. Die hohe Wettbewerbsintensität des Instruments führt natürlich auch zu Unsicherheiten, vermeidet aber auch Mitnahmeeffekte und führt zu einem stetigen Kostendruck.

(1852) Da es sich um ein neues, noch unerprobtes Instrument handelt, erfordert seine Einführung – wie auch beim Emissionshandel – noch die Lösung einiger Detailprobleme, vor allem aber politischen Mut und Überzeugungsarbeit, instrumentelles Neuland zu betreten. In diesem Zusammenhang ist auch weiter zu prüfen, ob das gleiche Ziel auch über Preisanreize und Boni im Rahmen einer Reform des bestehenden Gesetzes (Einbeziehung des selbst verbrauchten KWK-Stroms, Einbeziehung von industriellen Netzen, Öffnung für KWK-Zubau, Modifikation von Zuschlagshöhe und -dauer) erzielt werden kann, wobei durch die dann notwendigen weiteren Differenzierungen erforderlich werden und sich die Regelung komplexer gestaltet.

6.3.3.3.3 Verbesserung der Stromeffizienz beim Verbraucher

(1853) Als wichtiger Teil der Strategie einer stärkeren Nachfrageorientierung durch rationelle Energienutzung ist die Verbesserung der Stromeffizienz beim Verbraucher

[110] Vergleiche dazu Traube/Riedel (1998) sowie ausführlich zur Ausgestaltung DIW (2001a) und Öko-Institut (2001a-c).

[111] Hinsichtlich der Abgrenzung von KWK-Strom hat sich in Deutschland das Verfahren der Gegendruckscheibe nach AGFW (2001b) weitgehend durchgesetzt. Hinsichtlich der Qualitätskriterien existieren eine Vielzahl von Vorschlägen sowie eine umfangreiche wissenschaftliche Diskussion (Vgl. AGFW 2001b, Öko-Institut 2001a-c).

anzusehen, da hier erhebliche Effizienzpotenziale bestehen.[112]

(1854) Die Liberalisierung des Strommarktes hat im Hinblick auf die effiziente Nutzung elektrischer Energie zwei gravierende Verschlechterungen der Rahmenbedingungen mit sich gebracht:

– Infolge der nationalen und EU-weiten Überkapazitäten werden im Großhandel Strompreise zum Teil weit unter den Vollkosten angeboten. Das hat zu niedrigeren Strompreisen insbesondere im Industriebereich, aber auch zu einem Preisdruck im Gewerbe- und Haushaltskundenbereich geführt. Hinzu kommt, dass die seit den 80er Jahre fortgeschrittene Linearisierung der Stromtarife durch die Liberalisierung nahezu vollständig aufgegeben wurde und zum Teil sogar Festpreise unabhängig von der bezogenen Strommenge vereinbart werden. Sinkende Strompreise in Verbindung mit einem stark degressiven Durchschnittspreis bei steigender Abnahme schwächen sowohl bei den Verbrauchern selbst als auch bei den Herstellern von Geräten und Maschinen die ökonomische Motivation zur Verbesserung der Stromeffizienz.

– Der direkte Wettbewerb um Endverbraucher setzt die Abschaffung geschlossener Versorgungsgebiete voraus und führt letztendlich zur Trennung der Marktfunktionen Verteilung und Vertrieb. Weder die Netzbetreiber noch die im Wettbewerb agierenden Vertriebsgesellschaften haben unter diesen Vorzeichen bislang einen hinreichenden Anreiz, kosteneffektive Demand-Side-Management-Programme bei ihren Kunden durchzuführen, die sich für die Unternehmen betriebswirtschaftlich nicht rechnen. Auch eine Strategie der Kundenbindung über entsprechende Maßnahmen hat sich bisher nicht breit durchgesetzt.

(1855) Diesen Verschlechterungen der Rahmenbedingungen für Stromeffizienz im liberalisierten Strommarkt steht gegenüber, dass der Vertrieb verstärkt bilaterale Aktivitäten (v. a. Consulting und Contracting) anbietet, um die Kundenbindung insbesondere bei größeren Industriekunden zu stärken bzw. um neue Kunden zu werben. Gleichwohl bleibt unter dem Strich festzuhalten, dass Aktivitäten zur Ausschöpfung der vorhandenen Stromeffizienzpotenziale auf allen Ebenen eher abgenommen haben.

(1856) Vor diesem Hintergrund schlägt die Kommission die folgenden drei Instrumente zur Verbesserung der Stromeffizienz beim Verbraucher vor:

a) Förderung der beschleunigten Marktdiffusion von Effizienztechnologien durch Einrichtung eines Energieeffizienzfonds
b) Durchführung eines Bundes- und Landesprogramms „Rationelle und wirtschaftliche Verwendung von Elektrizität“ (RAWINE)
c) Ausweitung von Labelling und Standards bei Stromanwendungen

[112] Vergleiche dazu Kapitel 4.

a) Förderung der beschleunigten Marktdiffusion von Effizienztechnologien durch Einrichtung eines Energieeffizienzfonds

Energieträgerbezogen?	Ja, Strom
Technologiebezogen?	Ja, Effizienztechnologien
Sektorbezogen?	Ja, der Schwerpunkt liegt auf den privaten Haushalten und den Gewerbekunden
Akteursbezogen?	Ja, Einrichtung einer neuen Institution
Hemmnisbezogen?	Ja, zur Adressierung aller Hemmnisse, die einer Verbesserung der Stromeffizienz beim Verbraucher entgegenwirken
Marktphasenbezogen?	Ja, solange sich keine funktionsfähigen Effizienzmärkte herausgebildet haben
Produktlebenszyklusbezogen?	Ja, einzelne Programme und Maßnahmen sollten diesen berücksichtigen

Begründung der staatlichen Intervention

(1857) Die Einrichtung eines solchen Fonds dient insbesondere dem Abbau von Markthemmnissen für Effizienztechnologien für Stromanwendungen sowie der Senkung von Transaktionskosten für die unterschiedlichen Akteure der Angebots- und Nachfrageseite. Insofern bildet ein solcher wettbewerbsneutral finanzierter Fonds eine wesentlichen Voraussetzung für die Intensivierung des Substitutionswettbewerbs zwischen Endenergie (Strom) und Energieeffizienz. In liberalisierten Strommärkten ist die Verbesserung der Stromeffizienz zum „blinden Fleck“ geworden, für dessen Beseitigung sich kein Akteur zuständig fühlt und den die Verbraucher auf Grund vielfältiger entgegengesetzter Signale kaum noch wahrnehmen können.

Zielsetzung

(1858) Für die Erreichung der kurz- und mittelfristigen Klimaschutzziele ist eine beschleunigte Marktdiffusion von Effizienztechnologien und -produkten gerade auch im Strombereich sehr wichtig, zumal ein großer Teil der Effizienzpotenziale aus volkswirtschaftlicher Sicht kosteneffektiv erschlossen werden kann („No-regret-Optionen“).

Institutionelle Ausgestaltung

(1859) Der Energieeffizienzfonds sollte als unabhängige öffentlich-rechtliche Einrichtung konzipiert werden. Sein Etat ist über den Bundeshaushalt abzusichern oder als Zuschlag auf die Netznutzungsentgelte der Stromnetzbetreiber gesetzlich festzuschreiben.

Kurzbeschreibung

(1860) Der neu einzurichtende Energieeffizienzfonds, der sich an dem dänischen Stromsparfonds sowie dem britischen Energy Saving Trust orientieren könnte, sollte im Kern folgende Aufgabenbereiche abdecken:[113]

– Unterstützung des Aufbaus und Weiterentwicklung eines eigenständigen Marktes für Effizienzprodukte und -akteure, insbesondere durch prämienunterstützte Ausschreibungsverfahren für Einsparleistungen;
– Durchführung von Beschaffungsauktionen von kleinen Einzelinvestitionen hocheffizienter Standardprodukte und Komponenten für Dienstleister, Großhändler und Hersteller;
– Entwicklung einer neuen Generation von Energieeffizienzprogrammen zur Beschleunigung der Markttransformation;[114]
– Unterstützung von Energieunternehmen bei der Durchführung und Evaluierung von Demand-Side-Management-Programmen;
– Vorbereitung und Durchführung von wettbewerblichen Effizienzkampagnen;
– Erarbeitung von Effizienzstandards und Labelling-Klassen für unterschiedliche Gerätegruppen;
– Aufbau einer Energieeffizienzmarke als Wiedererkennungsmerkmal sowie
– Initiierung von Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten zur weiteren Verbesserung der Stromeffizienz.

(1861) Dieses Aufgabenspektrum zielt weit über das einer reinen Informations-, Koordinations- und Beratungsagentur hinaus, wie sie mit der Deutschen Energie Agentur (dena) im September 2000 geschaffen wurde. Vielmehr soll hier ein beweglicher und innovativer Akteur ins Spiel gebracht werden, der im liberalisierten Energiemarkt als wettbewerblicher Moderator und Katalysator auftritt und durch seine Aktivitäten Marktkonditionen verändern, zusätzlichen Wettbewerbern den Boden bereiten und insgesamt die Diffusion von Effizienztechnologien mindestens national, möglicherweise europaweit beschleunigen kann.

(1862) Der Energieeffizienzfonds sollte zunächst für einen Zeitraum von fünf bis zehn Jahren finanziell abgesichert werden. Danach ist im Lichte der Liberalisierungsfortschritte – insbesondere im Hinblick auf die Entwicklung von Effizienzmärkten – die Notwendigkeit eines solchen Fonds erneut zu überprüfen und gegebenenfalls eine Verlängerung ins Auge zu fassen.

[113] Vergleiche dazu Leprich u. a. (2000), Schlomann u. a. (2000), Thomas u. a. (2001).

[114] Hier sind beispielsweise anreizgestützte Herstellerwettbewerbe vorstellbar, wie sie in den USA schon vor Jahren als „Golden Carrott“-Programme durchgeführt wurden. Beim ersten Programm dieser Art erhielt ein Kühlschrankhersteller eine Prämie, da es ihm gelungen war, innerhalb von einem Jahr einen marktreifen Kühlschrank zu entwickeln, dessen Stromverbrauch um 30 % unter dem der bis dato besten Gerät lag. Das europäische Energy+-Projekt zur Beschleunigung der Markttransformation zielt in die gleiche Richtung. Vergleiche www.energy-plus.org.

Bewertung

(1863) Der Energieeffizienzfonds als zusätzlicher Akteur im liberalisierten Strommarkt muss an seinem Anspruch gemessen werden, die Markttransformation bei den Stromanwendungen im Sinne einer schnelleren und breiteren Verbreitung von Effizienztechnologien zu unterstützen. Dafür bedarf es regelmäßig einer neutralen Evaluierung der Aktivitäten auf der Grundlage einer Nutzen-Kosten-Analyse. Sollte der Fonds diesem Anspruch nicht gerecht werden, ist das Ausscheiden aus dem Markt vorzusehen.

b) Bundes- und Landesprogramm „Rationelle und wirtschaftliche Verwendung von Elektrizität“ (RAWINE)

Energieträgerbezogen?	Ja (Elektrizität)
Technologiebezogen?	Nein
Sektorbezogen?	Nein
Akteursbezogen?	Ja, auf Energieanwender einerseits, Anbieter von Energieanwendungstechnik andererseits
Hemmnisbezogen?	Ja, insbesondere Abbau von Informations- und Know-how-Defiziten
Marktphasenbezogen?	Nein
Produktlebenszyklusbezogen?	Nein

Begründung der staatlichen Intervention

(1864) Der Aufbau einer Infrastruktur zur rationelleren Verwendung von Elektrizität ist eine Voraussetzung dafür, die großen Stromsparpotenziale, wie sie im Kapitel 4.3.1 sowie in den Szenarien zugrunde gelegt worden sind, auch tatsächlich zu erschließen. Nur so können wichtige Hemmnisse überwunden werden. Zu nennen ist hier insbesondere der Informationsmangel über die wirtschaftlichen Potenziale der effizienten Stromnutzung angesichts der enormen Vielzahl verschiedener Anwendungstechniken und technischer Lösungen. Informationsmängel zu den Möglichkeiten und dem Nutzen der Stromeinsparung bestehen nicht nur bei Energieverbrauchern, sondern auch bei Handwerkern, Architekten, Ingenieuren und Verkäufern von Elektrogeräten sowie teilweise auch bei Herstellern von Techniken zur Stromanwendung (Beleuchtung, Lüftung/Klima, Pumpen, Elektrogeräte etc.).

Zielsetzung

(1865) Nach dem Vorbild der Schweizer Impulsprogramme (z. B. RAVEL = Rationelle Verwendung von Elektrizität) sollte ein bundesweites Motivations-, Fort- und Weiterbildungs- sowie F&E&D Förderprogramm aufge-

legt werden. Dieses integrierte Programm dient der beschleunigten Markteinführung von Techniken und Systemlösungen für die rationellere Verwendung von Elektrizität und dem Abbau von Hemmnissen. Zielsetzung ist dabei nicht nur die rationelle Stromnutzung als ein Mittel zum Umweltschutz, sondern auch die Stärkung der Wirtschaft in Zukunftsmärkten (Sicherung und Schaffung attraktiver Arbeitsplätze) sowie durch die erreichte Energiekostensenkung. Dabei kann auf den Erfahrungen von Landesprogrammen z. B. NRW und in Hessen, Schleswig-Holstein und Berlin aufgebaut werden.

Rechtliche Ausgestaltung

(1866) Durch Beschluss der Bundesregierung bzw. der betroffenen Ministerien (Wirtschaft, Umwelt, Bau, Bildung und Forschung) werden die Zielsetzungen festgelegt, die förderfähigen Aktivitäten definiert und die benötigten Mittel gebunden. Die Federführung könnte bei der dena liegen, die Umsetzung sollte unter Beteiligung der Landesenergieagenturen erfolgen. Eine konsensorientierte Umsetzung unter Beteiligung der Elektrizitätswirtschaft sollte angestrebt werden.

Kurzbeschreibung

(1867) Die erforderliche Infrastruktur zur rationelleren Verwendung von Elektrizität umfasst einerseits die Motivation von Gebäudeeigentümern, Unternehmern, Haushalten zur Realisierung von Energieeffizienzmaßnahmen, die Fort- und Weiterbildung von Handwerkern, Architekten, Ingenieuren und Verkäufern von Elektrogeräten sowie die Kooperation mit Herstellern von Technik zur Stromanwendung (Beleuchtung, Lüftung/Klima, Pumpen, Elektrogeräte etc.).

(1868) Andererseits ist als integraler Bestandteil und Voraussetzung der Motivations-, Informations-, Fort- und Weiterbildungsaktivitäten nicht nur die Einrichtung und Nutzung von Forschungskapazitäten, der Aufbau von Datenbanken und die Entwicklung von Leitfäden, sondern auch die Durchführung von Pilotprojekten, deren Evaluierung und die Diffusion von Praxiserfahrungen für die jeweiligen Zielgruppen erforderlich.

(1869) Die Grundlagenerarbeitung, die Konzipierung und Durchführung von Pilot- und Demonstrationsprojekten sowie die Erstellung der Motivations-, Fort- und Weiterbildungskonzepte sollte bundesweit koordiniert erfolgen, in Zusammenarbeit von dena und Landesenergieagenturen sowie anderen wichtigen Akteuren. Die Durchführung der Fort- und Weiterbildung sollte wie in den bestehenden Impulsprogrammen der Länder von den traditionellen Fort- und Weiterbildungsträgern übernommen werden.

(1870) Für das Bundes- und Landesprogramm „Rationelle und wirtschaftliche Verwendung von Elektrizität“ (RAWINE) wird die erforderliche Investition auf etwa 25 Mio. € jährlich abgeschätzt. Diese wären teilweise von den Ländern zu erbringen. Eine zumindest anteilige Finanzierung aus dem Energieeffizienzfonds wäre ebenfalls angemessen. Das Programm sollte nach fünf Jahren evaluiert werden. Es muss jedoch wahrscheinlich auch danach weitergeführt werden, da sich die Märkte für energieeffiziente Technik beständig weiterentwickeln.

(1871) Eine Einbettung in ein Gesamt-Impulsprogramm einschließlich der rationellen Energienutzung im Wärmebereich wäre sinnvoll. Der volkswirtschaftliche Multiplikator- und Selbstfinanzierungseffekt durch zusätzliche Einkommen (Arbeitsplätze), sinkende Energiekostenbelastung und steigende Steuereinnahmen ist bei derartigen Programmen, wie auch die Schweizer Beispiele zeigen, hoch.

Bewertung

(1872) Die bisher auf Länderebene realisierten Impulsprogramme haben ebenso wie das RAVEL-Programm und dessen Nachfolger in der Schweiz zu einer Belebung der Märkte für rationelle Stromnutzung beigetragen. Es fehlt jedoch an einer Dokumentation und Evaluierung der Erfolge und auch an einer kontinuierlichen und koordinierten Weiterentwicklung der dahinterliegenden Wissensbasis. Mit einer Ausdehnung auf das gesamte Bundesgebiet und einer Koordination der Aktivitäten sowie einer Verstärkung von Dokumentation, Evaluierung, Forschung und Entwicklung können die Effekte verstetigt und vervielfacht, und durch Synergieeffekte auf dem größeren Markt kann eine echte Markttransformation erreicht werden. Eine Integration mit den weiteren vorgeschlagenen zielgerichteten Instrumenten zur Verbesserung der Stromeffizienz beim Verbraucher ist dabei wichtig und hilfreich. Die Aktivitäten des RAWINE-Programms schaffen die Infrastruktur des Wissens und der Kompetenzen der Marktakteure, auf der die Markttransformationsprogramme des Energieeffizienzfonds aufbauen können. Eine Finanzierung des RAWINE-Programms aus dem Energieeffizienzfonds wäre daher angemessen. Dessen Programme machen wiederum für Energienutzer und Anbieter von Energieanwendungstechnik die Investition in mehr Energieeffizienz attraktiver. Auch mit der Ausweitung des Labellings bei Stromanwendungen (s. u.) gibt es positive Wechselwirkungen.

c) Ausweitung von Labelling und Standards bei Stromanwendungen

Energieträgerbezogen?	Ja, Strom
Technologiebezogen?	Ja
Sektorbezogen?	Nein (im Hinblick auf Endverbrauchssektoren)
Akteursbezogen?	Nein
Hemmnisbezogen?	Ja, insoweit die Markttransparenz erhöht wird
Marktphasenbezogen?	Nein
Produktlebenszyklusbezogen?	Nein

Begründung der staatlichen Intervention

(1873) Die Verwendung eines Labels zur Kennzeichnung und Klassifizierung des Stromverbrauchs von Geräten schafft eine größere Markttransparenz und für den Käufer ein zusätzliches Kriterium, das er in seine Kaufentscheidung einbeziehen kann. Standards beschleunigen die Markttransformation und treiben den technischen Fortschritt voran, indem regelmäßig die ineffizientesten Optionen aus dem Markt ausscheiden.

Zielsetzung

(1874) Ziel von Labelling und Standardsetzung ist die Beschleunigung der Marktdiffusion von Effizienztechnologien und -produkten, um Stromeffizienzpotenziale zu erschließen und dadurch einen Beitrag zur Reduzierung der CO_2-Emissionen zu leisten.

Rechtliche Ausgestaltung

Die rechtliche Ausgestaltung soll durch entsprechende Novellierungen des Energieverbrauchskennzeichnungsgesetzes sowie der Energieverbrauchshöchstwerteverordnung erfolgen.

Kurzbeschreibung

Über die bislang bestehenden Regelungen in den beiden obigen Gesetzen hinaus schlägt die Kommission folgende Erweiterungen vor:

- zügige Ausdehnung der Label auf bislang noch nicht erfasste Geräte (insbesondere Elektroherde, Klimaanlagen, elektrische Warmwasserbereiter und Geräte der braunen Ware wie Fernseher, Video und Büroelektronik);[115]
- häufigere Anpassung der Einstufungen beim Labelling mit dem Ziel, die beiden oberen Energieverbrauchsklassen A und B aufzuwerten;
- Ausdehnung der Mindeststandards auf alle Geräte, die der Verbrauchskennzeichnung unterliegen.

Vorstellbar wäre hier eine Festlegung jeweils auf den Wert eines fünf Jahre alten marktbesten Gerätes oder der Ausschluss der Geräte mit einer Klassifizierung schlechter als B. Alternativ zur Festlegung solcher Standards kämen auch freiwillige Vereinbarungen der Gerätehersteller in Frage.

- Einbeziehung einer Regelung für industrielle und gewerbliche Elektroanwendungen (Elektromotoren ab 100 W,[116] Umwälzpumpen, Ventilatoren, Kompressoren etc.) sowie
- Unterstützung der weltweiten „Ein-Watt-Initiative“, damit die Stand-By-Leistung der entsprechenden Geräte unter die 1-Watt-Marke gesenkt wird.[117]

(1875) Die meisten dieser Erweiterungen sind eng mit den Aktivitäten der EU abzustimmen, mit dem Ziel, die dortigen Planungen zu beschleunigen bzw. zu erweitern. Im Einzelfall sind auch nationale Regelungen zu erwägen; so könnte beispielsweise das Label der privaten „Gesellschaft Energielabel Deutschland“ (GED), das eine relativ strenge Messlatte im Hinblick auf die Effizienz von Haushalts- und Büroelektronik anlegt und das jährlich nur an die effizientesten 20 bis 30 % aller Geräte verliehen werden soll, bundesweit verbindlich eingeführt werden.

Bewertung

(1876) Label und Standards sind erprobte Instrumente zur Beschleunigung der Markttransformation. Je weniger ambitioniert die Standards festgelegt werden, desto weniger Umstellungskosten fallen bei den Unternehmen an, desto weniger rasch jedoch erfolgt die Transformation. Es hängt viel vom zeitlichen Anpassungszyklus ab, wie wirksam die Instrumente werden.

6.3.3.4 Sektor-, zielgruppen- und spezifische Instrumente für den Wärmemarkt

6.3.3.4.1 Charakterisierung des Wärmemarktes

(1877) Zum Wärmemarkt wird der Energieeinsatz für die Bereitstellung von Raumwärme, Warmwasser und die sonstiger Prozesswärme gerechnet. Gemessen am gesamten Endenergieverbrauch hat der so definierte Wärmemarkt mit einem Anteil von 57 % das mit Abstand größte Gewicht (Abbildung 6-3). Innerhalb des Wärmemarktes dominiert die Raumwärme mit 54 %, gefolgt von der sonstigen Prozesswärme mit 37 % und dem Warmwasser mit 9 % (Abbildung 6-4). Von der sonstigen Prozesswärme entfallen 84 % auf die Industrie, weitere 11 % auf den Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und lediglich 5 % auf die Haushalte.

(1878) Im Folgenden soll vom Wärmemarkt im engeren Sinne ausgegangen werden, der lediglich die Bereiche Raumwärme und Warmwasser umfasst (insgesamt 36 % des Endenergieverbrauchs). Der industrielle Prozesswärmebereich bleibt also ausgeklammert. [118]

(1879) In der hier gewählten Abgrenzung des Wärmemarktes sind die Haushalte mit reichlich zwei Dritteln und der Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen mit rund einem Viertel beteiligt; der Anteil der Industrie beträgt gut 7 %, derjenige des Verkehrs ist marginal (Abbildung 6-5). Nach Energieträgern strukturiert ist der Erdgasverbrauch mit einem Anteil von 43 % vor den Mineralölprodukten (fast ausschließlich leichtes Heizöl) mit 34 % vorherrschend. Fernwärme (9 %), Strom (8 %) sowie Kohlen und sonstige

---

[115] Die EU-Kommission hat im Mai 2002 beschlossen, dass ab 2003 auch Elektroherde und Klimaanlagen mit einem entsprechenden Label versehen werden müssen.

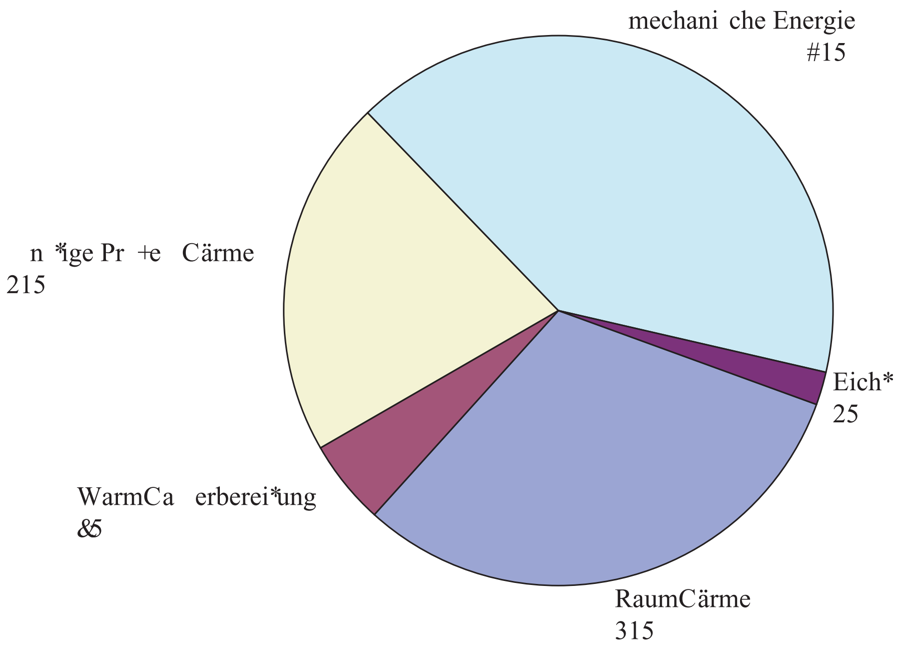
[116] Vergleiche dazu Jochem/Reichert (1999).

[117] Diese Initiative geht weit über die freiwillige Selbstverpflichtung der European Association of Consumer Electronics Manufacturers (EA-CEM) vom 30. April 1997 hinaus, in der sich insgesamt 16 Hersteller von Farbfernsehern und Videorecordern bereit erklärten, einen durchschnittlichen Stand-By-Verbrauch aller verkauften Geräte pro Hersteller von 6 Watt nicht zu überschreiten und zudem alle Geräte mit einem Stand-By-Verbrauch von mehr als 10 Watt vom Markt zu nehmen.

[118] Zu den dafür wesentlichen Maßnahmen: vgl. Kapitel 4.3.2.

Abbildung 6-3

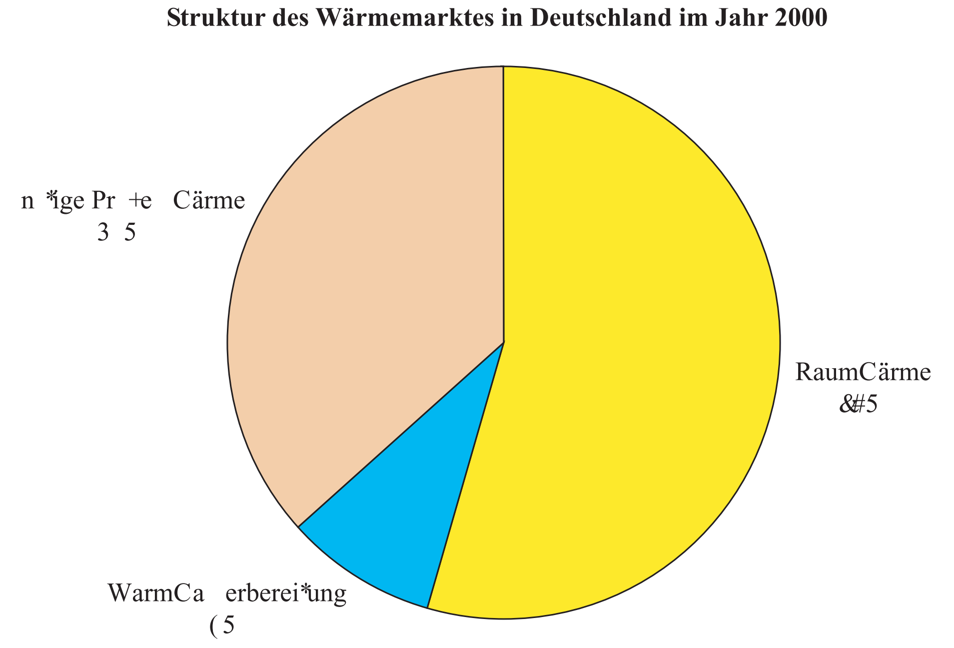
Endenergieverbrauch insgesamt nach Anwendungszwecken in Deutschland im Jahr 2000



Quellen: AG Energiebilanzen; VDEW

Abbildung 6-4

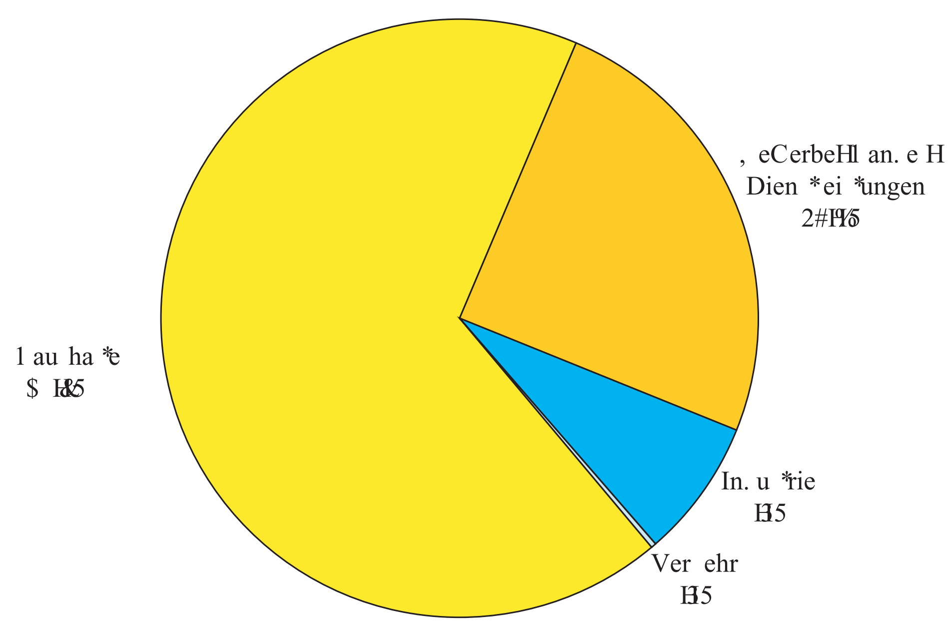
Struktur des Wärmemarktes in Deutschland im Jahr 2000



Quellen: AG Energiebilanzen; VDEW

Abbildung 6-5

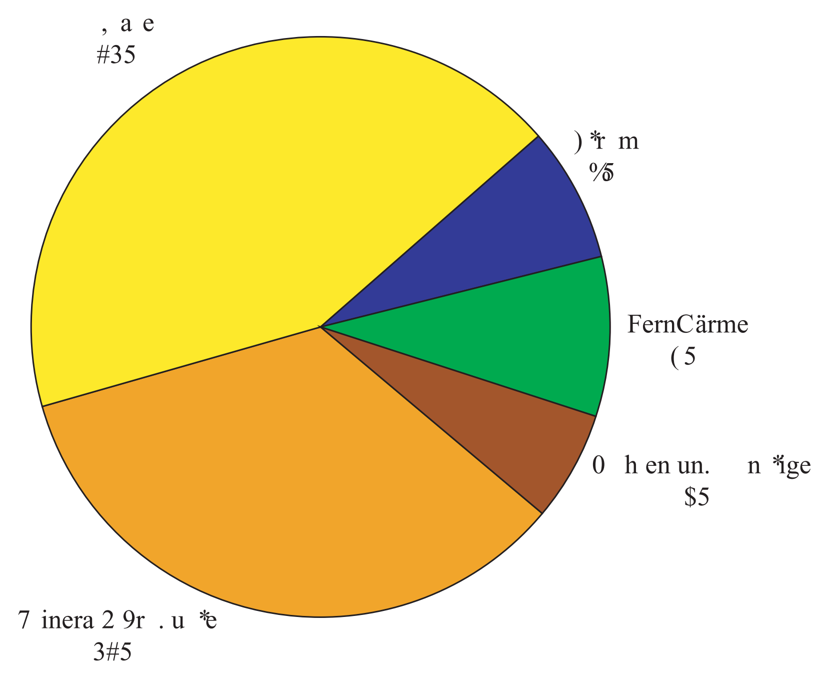
Struktur des Wärmemarktes (nur Raumwärme/Warmwasser) in Deutschland nach Sektoren im Jahr 2000



Quellen: AG Energiebilanzen; VDEW

Abbildung 6-6

Struktur des Wärmemarktes (nur Raumwärme/Warmwasser) in Deutschland nach Energieträgern im Jahr 2000



Quellen: AG Energiebilanzen; VDEW

Energieträger (zusammen 6 %) spielen nur eine untergeordnete Rolle (Abbildung 6-6).

(1880) Bei der Diskussion von spezifischen Instrumenten für den Wärmemarkt stehen angesichts dieser Strukturen aus sektoraler Sicht die privaten Haushalte bzw. der Gebäudebestand im Vordergrund der auf Energieeinsparung gerichteten Maßnahmen, wovon unter energieträgerstrukturellen Aspekten in erster Linie Erdgas und leichtes Heizöl „betroffen“ wären.

(1881) Energieeinsparungen und Minderungen der Treibhausgasemissionen im Wärmemarkt sind vor allem auf zwei zentralen Handlungsfeldern zu erreichen:

1. Senkung des Energiebedarfs durch verbesserten Wärmeschutz der Gebäude und Effizienzverbesserungen der Energiewandleraggregate.
2. Verstärkte Nutzung erneuerbarer Energieträger zur Deckung des Raumwärme- und Warmwasserbedarfs.

(1882) Für diese beiden zentralen Ansatzpunkt empfiehlt die Kommission den Einsatz der im folgenden jeweils gesonderte skizzierten Instrumente. Maßnahmen zur Förderung von Brennstoffzellen und kleinen KWK-Anlagen bleiben hier außer Betracht; sie werden in Kapitel 6.3.3.3.2 diskutiert.

6.3.3.4.2 Senkung des Energiebedarfs

(1883) Zur Minderung des Energiebedarfs kann in erster Linie ein verbesserter Wärmeschutz in Kombination mit effizienteren Energiewandlern im Gebäudebestand und bei Neubauten beitragen. Dies entspricht – wie schon in der geltenden Energieeinsparverordnung (EnEV) angelegt – einer ganzheitliche Betrachtung der Gebäude. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass Investitionen in unterschiedliche Einspar„techniken“ unterschiedlich lange technisch-ökonomische Lebensdauern aufweisen. Während diese etwa bei hocheffizienten Energiewandlern (z. B. Brennwertkesseln) vielleicht 15 bis 20 Jahre beträgt, können sie sich bei Wärmedämminvestitionen auf 40 bis 50 Jahre belaufen. Insoweit kann bei Wärmeschutzinvestitionen von vornherein mit einer längeren Einsparwirkung gerechnet werden als bei den aktiven Systemen, da bei diesen nicht gewährleistet ist, dass sie zum Ersatzzeitpunkt durch ein mindestens gleich effizientes System substituiert werden.

(1884) Nicht zu unterschätzen sind auch die Möglichkeiten der Verbraucher, durch entsprechendes Verhalten (z. B. durch Minderung der Raumtemperaturen, durch selektive Beheizung der genutzten/ungenutzten Räume) gleichgerichtete Wirkungen zu erzielen.

(1885) Um eine nachhaltige Minderung des Energiebedarfs erreichen zu können, sieht die Kommission eine Kombination aus

a) ordnungsrechtlichen Vorgaben durch Weiterentwicklung der Energieeinsparverordnung,
b) finanzieller Unterstützung und
c) Förderungen organisatorisch/institutioneller Verbesserungen

als besonders geeignet an.

(1886) Die Nutzung der verhaltensbedingten Möglichkeiten zur Reduktion des Wärmebedarfs ist nach Auffassung der Kommission vor allem durch eine Verstärkung von Informations- und Beratungsaktivitäten zu erreichen.

a) Weiterentwicklung der Energieeinsparverordnung

Energieträgerbezogen?	Nein
Technologiebezogen?	Nein
Sektorbezogen?	Nein, gilt generell für den Gebäudebereich unabhängig vom jeweiligen Sektor; Schwerpunkt aber bei Wohngebäuden
Akteursbezogen?	Ja: Gebäudeeigentümer sind bei Neubauten wie bei Maßnahmen im Gebäudebestand zur Umsetzung der Verordnung verpflichtet
Hemmnisbezogen?	Ja, insoweit das Investor/Nutzer-Dilemma adressiert wird
Marktphasenbezogen?	Ja, insoweit gesichert werden soll, dass allfällige Sanierungszyklen für einen verbesserten Wärmeschutz genutzt werden müssen
Produktlebenszyklusbezogen?	Nein

Begründung

(1887) Bei der Umsetzung der von der Kommission verfolgten Ziele einer klimaverträglichen, nachhaltigen Energieversorgung kommt der Verbesserung des Wärmeschutzes im Neubaubereich und vor allem im Gebäudebestand eine besonders große Bedeutung zu. Ordnungsrechtliche Vorgaben mit Hilfe der Energieeinsparverordnung schaffen hierzu geeignete Voraussetzungen. Sie sind ein Instrument zur unmittelbaren Internalisierung externer Kosten. Sie sind ebenfalls geeignet, die insbesondere im Mietwohnungsbereich existierenden Hemmnisse (z. B. Investor/Nutzer-Dilemma) zu überwinden und die Transaktionskosten zu senken.

Zielsetzung

(1888) Mit diesem Instrument soll sichergestellt werden, dass die technisch möglichen und wirtschaftlich vertretbaren Investitionen zu Gunsten eines verbesserten Wärmeschutzes und effizienterer Energiewandleraggregate bei Neubauten und bei Sanierungsmaßnahmen im Gebäudebestand getätigt werden.

Rechtliche Ausgestaltung

(1889) Es handelt sich hier um eine bundesgesetzliche Regelung, die an die existierende Energieeinsparverordnung (EnEV) anknüpft. Dabei geht es um eine kontinuierliche und für die Gebäudeeigentümer absehbare

Verschärfung der Anforderungen an den Wärmeschutz wie an die Anlagentechnik in Neubauten und im Gebäudebestand.

Kurzbeschreibung

(1890) Mit der seit 1. Februar 2002 geltenden EnEV sind die Wärmeschutzverordnung und die Heizungsanlagen-Verordnung in einer Verordnung und in ihren Anforderungen mit den folgenden Schwerpunkten zusammengefasst worden:

Neubau

- Senkung des Energiebedarfs neu zu errichtender Gebäude auf einen Niedrigenergiehausstandard, also um durchschnittlich 30 % gegenüber dem Niveau des geltenden Rechts,
- Übergang zu einer ganzheitlichen Betrachtung von Neubauten unter Einbeziehung der Anlagentechnik, auch um das Einsparziel flexibel und kostengünstig zu erreichen,
- Weiterentwicklung des vereinfachten Nachweisverfahrens für bestimmte Wohngebäude,
- Erleichterung des Einsatzes erneuerbarer Energien zur Heizung, Lüftung und Warmwasserbereitung insbesondere bei Neubauten sowie
- Erhöhung der Transparenz für Bauherren und Nutzer durch aussagefähige Energieausweise.

Gebäudebestand

- Verschärfung der energetischen Anforderungen bei wesentlichen Änderungen an Bauteilen, die erneuert, ersetzt oder erstmalig eingebaut werden,
- Verpflichtung zur Außerbetriebnahme besonders alter Heizkessel, die deutlich unter den heutigen Effizienzstandards liegen, bis zum Ende des Jahres 2005 bzw. 2008,
- Dämmung von obersten Geschossdecken und von ungedämmten Rohrleitungen für die Wärmeverteilung und Warmwasser bis Ende 2005 sowie
- Rahmen für freiwillige Angabe von Energieverbrauchskennwerten.

(1891) Die Kommission empfiehlt,

- dieses Instrument grundsätzlich beizubehalten, aber die jeweiligen Anforderungen an den sicherzustellenden Primärenergiebedarf der Gebäude kontinuierlich zu erhöhen,
- insbesondere im Gebäudebestand die Voraussetzungen in Bezug auf die Bestimmungen der „wesentlichen Änderungen“ und damit zur Einhaltung der Anforderungen der EnEV zu erweitern,
- bei der Bewertung der wirtschaftlichen Vertretbarkeit von vornherein nicht nur die einzelwirtschaftlichen, sondern auch die externen Kosten zu berücksichtigen und
- die Kontroll- und Sanktionsmöglichkeiten bei Nichtbefolgung der EnEV erheblich zu verbessern, um die heute offenkundig noch sehr niedrigen „Befolgungsquoten“ wesentlich zu steigern; ggf. durch intensive Stichprobenkontrollen und Haftbarmachung der bauleitenden Architekten.

(1892) Weiterhin sollten flankierende politische Maßnahmen ergriffen werden, um neue, kostengünstige Niedrigenergiehaus-Technologien weiter zu entwickeln, im Markt zu demonstrieren und zu kommunizieren. Dem könnte auch ein Impuls-Programm zur Qualifikation der an der Bauplanung und -ausführung beteiligten Architekten und Gewerke dienen.

Bewertung

(1893) Das Instrument der EnEV ist grundsätzlich in der Lage sicher zu stellen, dass der Energiebedarf in Neubauten wie im Gebäudebestand nachhaltig gesenkt werden kann. Dies setzt allerdings voraus, dass abweichend von der bisherigen Praxis die Einhaltung der Verordnung wirksamer kontrolliert und für den Fall der Nicht-Einhaltung spürbare Sanktionen verhängt werden können. Durch die explizite Berücksichtigung der externen Kosten wird auch dem Ziel einer optimalen Allokation der Ressourcen Rechnung getragen.

b) Finanzielle Förderung von Maßnahmen zur Energiebedarfsminderung

Energieträgerbezogen?	Nein
Technologiebezogen?	Nein
Sektorbezogen?	Ja, insoweit hier im wesentlichen nur der Gebäudebestand, nicht aber der Neubaubereich erfasst werden soll.
Akteursbezogen?	Ja, Gebäudeeigentümer wie Mieter
Hemmnisbezogen?	Ja, insoweit das Investor / Nutzer-Dilemma adressiert wird
Marktphasenbezogen?	Nein
Produktlebenszyklusbezogen?	Nein

Begründung

(1894) Auf ordnungspolitischem Wege allein wird das gesamte Potenzial der Energieeinsparung im Gebäudebereich nicht erschließbar sein, da ein großer Teil des Gebäudebestandes nicht durch die EnEV erfasst sein wird. Um mit Blick auf die von der Enquete-Kommission verfolgten ambitionierten klimaschutzpolitischen Ziele die Sanierungszyklen zu verkürzen und die Sanierungsintensität im Gebäudebestand zu erhöhen, erscheint eine finanzielle Förderung unverzichtbar.

Zielsetzung

(1895) Mit der finanziellen Förderung sollen Anreize dafür geschaffen werden, insbesondere die im Gebäudebestand vorhandenen großen Energieeinsparmöglichkeiten verstärkt zu nutzen.

Rechtliche Ausgestaltung

(1896) Für eine finanzielle Förderung kommen grundsätzlich unterschiedliche Instrumente in Betracht. Sie reichen von zinsverbilligten Krediten (wie etwa heute das KfW-Programm zur CO_2-Gebäudesanierung oder das KfW-Programm zur CO_2-Minderung) über steuerliche Abschreibungsvergünstigungen (wie in der Vergangenheit entsprechend § 82a EstDV) bis hin zu direkten Investitionszulagen (wie sie in den neuen Bundesländern gewährt wurden). Die Förderung soll sowohl von Gebäudeeigentümern/Vermietern als auch Mietern (Mietermodernisierung) in Anspruch genommen werden können.

(1897) In allen Fällen ist eine bundesgesetzliche Regelung notwendig.

Kurzbeschreibung

(1898) Unabhängig von der konkreten Art der finanziellen Förderung sind die Maßnahmen vorrangig auf die Unterstützung von Wärmeschutzmaßnahmen zu richten, da eine Förderung von aktiven Systemen im allgemeinen keiner eigenständigen finanziellen Unterstützung bedarf. In jedem Fall sind isoliert aktive Systeme ohne gleichzeitige Vornahme von Wärmeschutzmaßnahmen grundsätzlich nicht zu begünstigen.

(1899) Um die angestrebten klimaschutzpolitischen Wirkungen zu erzielen, sind die Fördermaßnahmen (wie schon im bestehenden KfW-Programm) an die Einhaltung bestimmter Mindesteffizienzkriterien zu binden. Allerdings gilt es dabei – wie die Erfahrung zeigt – die Anforderungen so zu tarieren, dass die Akzeptanz erhalten bleibt. Dabei kann die Akzeptanz auch durch begleitende Beratungsaktivitäten sowie durch die Kommunizierung von „best practices“ gestärkt werden.

(1900) Bei der Art der Förderung selbst sollte zielgruppenspezifisch differenziert werden. So kommt etwa eine steuerliche Begünstigung für gemeinnützige Wohnungsbaugesellschaften (wegen deren Steuerbefreiung) ohnehin nicht in Betracht. Denkbar wäre auch eine Wahlfreiheit (mit Kumulationsverbot) zwischen den drei genannten Förderarten, die aber hinsichtlich ihrer potenziellen Förderwirkung äquivalent ausgestaltet werden sollten.

(1901) Denkbar wäre auch die Verknüpfung der finanziellen Förderung der energetischen Sanierung des Gebäudebestandes mit der Bildung eines „Energieeffizienzfonds“,[119] dessen Budget aus der Ökosteuer finanziert werden könnte.

[119] Vergleiche dazu weiter oben die analogen Ausführungen für einen „Stromeffizienzfonds“.

Bewertung

(1902) Die finanzielle Förderung trägt dazu bei, die einzelwirtschaftlichen Barrieren gegenüber Maßnahmen zur Energieeinsparung im Gebäudebestand zu senken. Der tatsächlich erreichbare Effekt ist allerdings nicht genau vorherbestimmbar, da der Umfang der Inanspruchnahme der Fördermaßnahmen offen ist. Anders als die ordnungsrechtliche Durchsetzung von Energieeinsparmaßnahmen bedeutet die finanzielle Förderung entsprechender Investitionsaktivitäten, dass die externen Kosten der Energienutzung nicht internalisiert, sondern sozialisiert werden.

c) Förderung organisatorischer/institutioneller Verbesserungen: Förderung von Contracting

Energieträgerbezogen?	Nein
Technologiebezogen?	Nein
Sektorbezogen?	Ja, insoweit hier nur der Gebäudebereich erfasst wird.
Akteursbezogen?	Ja: bezogen auf Contractoren
Hemmnisbezogen?	Ja
Marktphasenbezogen?	Nein
Produktlebenszyklusbezogen?	Nein

Begründung

(1903) Oftmals bestehen diverse Hemmnisse seitens der Gebäudeeigentümer, selbst in solche Energieeinsparmaßnahmen zu investieren, bei denen es sich im Grunde um eine wirtschaftlich rentable Investition handelt. Teilweise hindern daran auch zu hohe Amortisationsanforderungen bzw. von den Investoren verlangte zu kurze Amortisationszeiten. Contracting-Projekte sind in der Lage, die ansonsten blockierten Einsparpotenziale zu erschließen. Eine Förderung solcher Vorhaben ist mit Blick auf die verfolgten klimaschutzpolitischen Ziele der Kommission begründet.

Zielsetzung

(1904) Mit der Förderung sollen die Anreize zur Durchführung von Contracting-Vorhaben gesteigert und damit das Potenzial der ansonsten ungenutzt bleibenden Energieeinsparmöglichkeiten verstärkt erschlossen werden.

Rechtliche Ausgestaltung

(1905) Für eine Förderung kommen grundsätzlich unterschiedliche Instrumente in Betracht. Mit Blick auf die Förderung von Contracting-Vorhaben erscheinen der Kommission zinsverbilligte Krediten (wie etwa heute das KfW-Umweltprogramm) als am besten geeignet. Hierzu ist eine bundesgesetzliche Regelung notwendig.

Kurzbeschreibung

(1906) Contracting-Geber erhalten zinsgünstige Darlehen mit noch zu definierenden Höchstsätzen und einer Laufzeit etwa entsprechend des geförderten Vorhabens. Ergänzt werden soll die finanzielle Förderung durch Information und Beratungsmaßnahmen in Richtung von Contracting-Nehmern, um dort die Bereitschaft zu steigern, Contracting-Vorhaben durchführen zu lassen.

Bewertung

(1907) Die Förderung von Contracting-Vorhaben trägt dazu bei, die aufgrund bestehender Investitionshemmnisse vielfach ungenutzt bleibenden Energieeinsparpotenziale im Gebäudebereich durch entsprechende Aktivitäten des Contractors zu überwinden. Es handelt sich dabei um eine besonders attraktive Form, prinzipiell wirtschaftlich rentable Investitionen zu realisieren. Eine finanzielle Förderung verbunden mit verstärkten Informations- und Beratungsmaßnahmen könnte diesem Energiedienstleistungskonzept einen wesentlichen Impuls geben.

d) Verstärkung der Informations- und Beratungsaktivitäten

Energieträgerbezogen?	Nein
Technologiebezogen?	Nein
Sektorbezogen?	Ja, insoweit hier nur der Gebäudebereich erfasst wird.
Akteursbezogen?	Ja: bezogen auf die Gebäudenutzer
Hemmnisbezogen?	Ja
Marktphasenbezogen?	Nein
Produktlebenszyklusbezogen?	Nein

Begründung

(1908) Der Energiebedarf im Gebäudebereich lässt sich auch durch verändertes Verbraucherverhalten wesentlich reduzieren. Dazu gehört beispielsweise die Steuerung der Rauminnentemperatur, das Lüftungsverhalten, das Heizverhalten in Bezug auf regelmäßig/unregelmäßig genutzte Räume. Vielfach werden die hier liegenden Potenziale – auch zur Energiekosteneinsparung – „verschenkt“, weil unzureichende Information und Motivation sich als wesentliche Hemmnisse erweisen. Durch verstärkte Information und Beratung könnten derartige Hemmnisse zumindest teilweise überwunden werden.

Zielsetzung

(1909) Mit einer kontinuierlichen und zielgruppenspezifischen Information und Beratung soll die Motivation in Richtung eines energiebewussteren Verhaltens gesteigert werden.

Rechtliche Ausgestaltung

(1910) Die in der Vergangenheit bereits eingesetzten Informations- und Beratungsaktivitäten sind fortzuführen und künftig unter Nutzung geeigneter Marketingstrategien weiterzuentwickeln. Eine rechtliche Absicherung erscheint dabei als nicht notwendig; allerdings sind die entsprechenden Informations- und Beratungsaktivitäten finanziell abzusichern, um eine auf Kontinuität und Stetigkeit angelegte Durchführung zu gewährleisten.

Kurzbeschreibung

(1911) Hier handelt es sich im wesentlichen um zielgruppenspezifische, auf Dauer angelegte Informations- und Beratungskampagnen, die auch durch Demonstrationsvorhaben, Vermittlung aus „Best-Practice-Vorhaben“ begleitet werden könnten. Als Träger solcher Maßnahmen kommen schwerpunktmäßig insbesondere die Deutsche Energieagentur (dena) sowie die Energieagenturen der Länder und entsprechende Einrichtungen in den Kommunen in Betracht.

Bewertung

(1912) Hier handelt es sich zweifellos um eine der besonders „weichen“ Maßnahmen, deren Erfolge kaum ex ante anzugeben sind. Ungeachtet dessen stellt eine verbesserte Information und Beratung ein unverzichtbares Element für eine an demokratischen Kriterien orientierte Energie- und Klimaschutzpolitik dar. Auf dieser Basis lässt sich auch die Akzeptanz für eingriffsintensivere Maßnahmen stärken.

6.3.3.4.3 Verstärkte Nutzung erneuerbarer Energiequellen

(1913) Eine wesentlichen Beitrag zur Minderung der vom Wärmemarkt herrührenden Treibhausgasemissionen kann ein verstärkter Einsatz erneuerbarer Energiequellen leisten. Hierfür kommen in erster Linie die folgenden Systeme in Betracht:

– Solarkollektoranlagen zur Warmwasserbereitung und zur Unterstützung der Deckung des Raumwärmebedarfs,
– Biomassegefeuerte Heizungsanlagen (z. B. Brennholz, Holzhackschnitzel, Stroh),
– Wärmepumpenanlagen (bezogen auf den aus der Umwelt gewinnbaren Wärmeanteil) sowie
– solare Nahwärmesysteme.

(1914) Mit Blick auf die zur Förderung dieser Systeme geeigneten Instrumente sollte zwischen den dezentralen (gebäude- oder sogar wohnungsbezogen Systemen wie bei kleinen Solarkollektoranlagen, Wärmepumpen und Holzdauerbrandöfen) und leicht zentralen Techniken (solare Nahwärme für größere Gebäudekomplexe oder biomassebasierte Großanlagen (Heizwerke, Heizkraftwerke für die Fern- und Nahwärmeversorgung) unterschieden werden.

(1915) Für die kleineren dezentralen Systeme empfiehlt die Kommission eine Förderung analog zum derzeit gel-

tenden Marktanreizprogramm zugunsten erneuerbarer Energiequellen, während für die nahwärmeorientierten Systeme neben der direkten finanziellen Unterstützung als Pilotversuch eine mengenorientierte Wärmequotenregelung vorgeschlagen wird.

a) Finanzielle Förderung dezentraler Regenerativsysteme

Energieträgerbezogen?	Ja, es wird nach einzelnen regenerativen Energien differenziert
Technologiebezogen?	Ja
Sektorbezogen?	Nein
Akteursbezogen?	Ja: bezogen auf die privaten und gewerblichen Investoren
Hemmnisbezogen?	Nein
Marktphasenbezogen?	Ja: Entwicklung der REG-Märkte in der Markteinführungsphase
Produktlebenszyklusbezogen?	Nein

Begründung

(1916) Erneuerbare Energiequellen zur Wärmeerzeugung befinden sich gegenwärtig noch am Beginn ihrer Markteinführung. Unter den heutigen Bedingungen sind sie gegenüber konventionellen Systemen meist (noch) nicht wettbewerbsfähig. Eine finanzielle Förderung dient der (indirekten) Internalisierung externer Kosten der Wärmebereitstellung und kann in der Markteinführungsphase dazu beitragen, das Potenzial der erneuerbaren Energien zur Reduktion der Treibhausgasemissionen zu nutzen.

Zielsetzung

(1917) Mit diesem Instrument soll für die Anlagenbetreiber Investitions- und Finanzierungssicherheit geschaffen werden. Damit wird ein wichtiger Beitrag zur Umstrukturierung zugunsten einer nachhaltigen Energieversorgung geschaffen.

Rechtliche Ausgestaltung

Die Regelung kann sich anlehnen an das gegenwärtig vom BMWi geführte „Marktanreizprogramm zur Nutzung erneuerbarer Energien“ (MAP). Gesetzlich sollte ein Rechtsanspruch der Investoren auf die Fördermittel festgelegt werden.

Kurzbeschreibung

(1918) Hier handelt es sich im wesentlichen um eine technologiebezogene Förderung mit unterschiedlichen Fördermodalitäten für die einzelnen Technologien, wobei die finanzielle Förderung sowohl direkten Zuschüsse als auch zinsverbilligte Darlehen für die jeweiligen Investitionen umfasst. Prinzipiell wäre zwar aus Sicht der Kommission analog zum EEG die Förderung bei der produzierten Wärmemenge statt der Investitionen effizienter, doch stehen einer solchen Umsetzung praktische Erwägungen entgegen. Wesentlich für den Erfolg der Förderung ist, dass damit eine längerfristige Planungssicherheit hergestellt wird. Dabei sollten grundsätzlich alle potenziellen Investoren auch einen Rechtsanspruch auf die Fördermittel erhalten; eine Deckelung der Fördermittel wäre damit nicht vereinbar. Um dynamische Effekte zu erreichen, wird aber eine Degression der Fördersätze sowie eine Überprüfung des Fördermodells nach fünf Jahren vorgeschlagen. Außerdem sollten Energieeffizienzkriterien, die durch entsprechende Zertifikate zu belegen sind, zur Grundlage der Förderung gemacht werden.

(1919) Ergänzend zur finanziellen Förderung sollte durch Information und Beratung die Akzeptanz der Systeme zur thermischen Nutzung erneuerbarer Energien erhöht werden.

Bewertung

(1920) Durch die finanzielle Förderung von Systemen zur thermischen Nutzung erneuerbarer Energien kann deren Wettbewerbsnachteil gegenüber konventionellen Techniken ausgeglichen und damit ein Anreiz zur Investition in erneuerbare Energien geschaffen werden. Dabei ist die Wirkungsrichtung dieses Instruments eindeutig, wenn auch nicht von vornherein die Inanspruchnahme des Programms und damit das Ergebnis prognostiziert werden können.

b) Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien am Wärmemarkt

Energieträgerbezogen?	Ja: Differenzierung zwischen den Regenerativoptionen möglicherweise durch Gewichtungsfaktoren
Technologiebezogen?	Ja: in einem Stufenplan werden zunächst nur größere REG-Anlagen einbezogen
Sektorbezogen?	Nein
Akteursbezogen?	Ja: geeignete Gruppe aus der Händlerkette bzw. Endverbraucher sind Verpflichtete
Hemmnisbezogen?	Nein
Marktphasenbezogen?	Ja: Schutz der REG-Märkte wg. unzureichender Internalisierung
Produktlebenszyklusbezogen?	Nein

Begründung

(1921) Das Instrument dient der (indirekten) Internalisierung externer Kosten der Wärmebereitstellung insbesondere im Hinblick auf den Klimaschutz. Es schafft

darüber hinaus die Voraussetzungen für den Marktzutritt von Akteuren mit der Perspektive, dass regenerative Wärmeerzeugung insgesamt in Deutschland wettbewerbsfähiger wird und damit einen wichtigen Beitrag zu einem nachhaltigen Energiesystem leisten kann. Zusätzlich eröffnet und fördert es Innovationschancen für die Exportwirtschaft.

Zielsetzung

(1922) Mit Hilfe dieses Instrumentes soll in erster Linie die Endenergie aus fossilen Energiequellen für die Bereitstellung von NT-Wärme in den Sektoren Haushalte, Industrie und Kleinverbrauch anteilsmäßig durch Ökoenergie aus regenerativen Energien ersetzt werden. Weitere Nebenziele sind die gezielte Technologieförderung sowie die Schaffung von Impulsen für den Arbeitsmarkt.

Rechtliche Ausgestaltung

(1923) Das Instrument ist als Pflichtkaufmodell im Sinne einer Quotenverpflichtung zu konzipieren und entsprechend gesetzlich zu verankern.

Kurzbeschreibung

(1924) Als Pflichtadressaten sind entweder die Endverbraucher oder aber diejenigen Akteure, die die umweltbelastenden Produkte (hier: fossile Energieträger zur Erzeugung von NT-Wärme) in Verkehr bringen, zu benennen. Solche Produkte sind Kohle, Öl und alle energetisch nutzbaren Gase (außer die nach EEG begünstigten Gase), die im NT-Wärmemarkt (Anlagengröße < 20 MW) eingesetzt werden. Grundsätzlich soll alles, was zur Umweltentlastung im Wärmemarkt beiträgt, bei der Erfüllung der Quotenverpflichtung berücksichtigt werden können. Dazu gehören auf jeden Fall:

– Die Wärmeerzeugung aus Stoffen, die auch nach dem EEG gefördert werden (also z. B. Solarstrahlung, Erdwärme, Biomasse) und
– Nutzwärme aus Anlagen, deren Stromerzeugung bereits durch das EEG gefördert wird. Scheintatbestände sind auszuschließen, d. h. die bereitgestellte Wärme muss auch tatsächlich sinnvoll genutzt werden.

(1925) Der Nachweis der Pflichtgenügung erfolgt über entsprechende Zertifikate, die den lizenzierten Anlagenbetreibern die Bereitstellung von Ökoenergie bescheinigen. Entsprechende Lizenzen werden nur für neue Anlagen ausgegeben, um größere Mitnahmeeffekte zu vermeiden. Zu überlegen sind Gewichtungsfaktoren für unterschiedliche Techniken, um einen breiten Technologiemix zu ermöglichen. Je nach Marktentwicklung ist in einem Stufenplan eine Ausweitung der Technologien zu ermöglichen. Als Basisregelung entlastet es flankierende Förderprogramme des Bundes und der Länder.

Bewertung

(1926) Das Instrument ist voraussichtlich sehr effektiv im Hinblick auf seine primäre Zielerreichung. Es ermöglicht eine verursachungsgerechte Abwälzung der Kosten auf die Verbraucher. Sein Kontrollaufwand hält sich in Grenzen. In der Ausgestaltung ist es EU-verträglich, flexibel und transparent; von der Wirkung her ist es wettbewerbsfördernd und sozial verträglich. Sein Markteingriff ist erheblich, lässt sich aber unter dem Aspekt einer Internalisierung externer Kosten rechtfertigen. Da es sich um ein neues, im Wärmemarkt noch völlig unerprobtes Instrument handelt, ist es politisch vermutlich schwer durchsetzbar. Es sollte daher in einem Pilotvorhaben für einige wenige Nahwärmekonzepte erprobt werden.

c) Sonstige Aktivitäten

(1927) Die vorstehenden Empfehlungen zur Förderung einer nachhaltigen Energieversorgung im Wärmemarkt sollten nach Auffassung der Kommission durch zwei weitere Maßnahmen ergänzt werden:

– Ein Impuls-Programm zur Förderung intelligenter Steuerungs- und Regelungssysteme im Gebäudebereich

  Nutzerfreundliche intelligente Steuerungs- und Regelungssysteme sind gegenwärtig nur wenige, meist recht teure Systeme auf dem Markt. Zudem ist deren Akzeptanz (noch) nicht sehr ausgeprägt. Solche Systeme können aber einen erheblichen Beitrag zur effizienten Energienutzung und damit zum Klimaschutz und zu einer nachhaltigen Energieversorgung leisten. Eine Unterstützung ist deshalb auch angeraten. Die Kommission empfiehlt in diesem Bereich keine Breitenförderung, sondern im wesentlichen die Durchführung von Demonstrationsvorhaben mit entsprechender Verbreitung des Informationsstandes sowie die Beratung potenzieller Investoren, vornehmlich im Bereich der Wohnungsbaugesellschaften.

– Der Wärmemarkt im industriellen Bereich blieb bei den bisherigen Empfehlungen der Kommission ausdrücklich und mit Hinweis auf entsprechende Ausführungen in Kapitel 4.3.2 ausgeklammert. An dieser Stelle möchte die Kommission noch auf die Notwendigkeit hinweisen, auch den Energieeinsatz zur Deckung des industriellen Prozesswärmebedarfes so effizient wie möglich zu gestalten. Zwar dürfte schon aus ökonomischen Gründen der Anreiz zur effizienten Energienutzung in der Industrie recht hoch sein, doch zeigen Studien, dass hier nach wie vor noch erhebliche Einsparpotenziale „schlummern“. Die Kommission empfiehlt deshalb für den Bereich der Industrie die Durchführung von „Energie-Audits“, die helfen können, solche „schlummernden“ Einsparpotenziale zu wecken. Solche Energie-Audits sollten dann jedenfalls auch verpflichtend sein, wenn es bei bestimmten politischen Regelungen (z. B. bei der Ökosteuer oder beim Belastungsausgleich durch andere Maßnahmen) zu Ausnahmen für Industrieunternehmen kommen sollte. Solche Ausnahmen sollten grundsätzlich mit der Durchführung von Energie-Audits verbunden sein.

6.3.3.5 Sektor- und zielgruppenspezifische Instrumente für den Verkehrsbereich

(1928) Im Verkehr sind es insbesondere drei kritische Sachverhalte und Tendenzen, die einen angemessenen

Beitrag zu Realisierung der energie- und klimapolitischen Ziele behindern und folglich durch Maßnahmen zu adressieren sind:

– Der Pkw-Verkehr verursacht – trotz schrittweise verbesserter Energieeffizienz und mittlerweile stagnierendem Gesamtverbrauch – weiterhin deutlich den größten Beitrag zu den verkehrsbedingten CO_2-Emissionen.
– Der Straßengüterverkehr wächst weiter, ohne dass hier – wie beim Pkw-Verkehr – verhältnismäßig einfach deutliche Effizienzgewinne erreicht werden können.
– Der Anstieg beim Luftverkehr ist am stärksten und ist deswegen als besonders kritisch einzuschätzen, weil auch die um den Faktor 2 bis 3 stärkeren Klimawirkungen der Wasser- und Stickoxidemissionen in der Stratosphäre berücksichtigt werden müssen.

(1929) Vereinbarungsgemäß greift die Kommission im folgenden nur einige prioritäre Schlüsselinstrumente heraus und überlässt deren Einbeziehung in ein umfassendes Instrumentenmix der Arbeit der im Kapitel 7 vorgeschlagenen neuen Enquete-Kommission „Nachhaltige Mobilität“.

(1930) Für den ersten Komplex bietet sich als eine wirkungsvolle Maßnahmenstrategie an, den bereits eingeleiteten Prozess eines schrittweisen Übergangs zu energieeffizienteren Fahrzeugen zu verstetigen und künftig weiter auszubauen. Wie Modellrechnungen zeigen,[120] könnte der durchschnittliche Verbrauchswert der Pkw-Flotte mittelfristig (bis 2020) auf unter 4,5 l/100 km reduziert werden, und langfristig bis 2050 auf unter 2 l/100 km, also weniger als ein Viertel des gegenwärtigen Wertes. In der Praxis ist für die Realisierung dieses ambitionierten Ziels ein umfangreiches Maßnahmenpaket notwendig. Die nachfolgend ausgewählten Maßnahmen bilden jedoch eine wesentliche Voraussetzung dafür, die möglichen Zielbeiträge nicht allzu stark zu verfehlen.

(1931) Im Güterverkehr wird als strategische Orientierung seit langem die Verlagerung auf Schiene und Schiff herausgestellt, tatsächlich erfolgt jedoch bisher der Zuwachs weitgehend über die Straße. Nationale Fokussierungen im Schienenverkehr wie auch die existierende Struktur der noch weitgehend bürokratisch operierenden Bahn- und Schienengesellschaften haben bisher mit verhindert, den Schienenverkehr in ein wettbewerbsorientiertes System einzubeziehen, das sowohl die effiziente Bewirtschaftung als auch die Berücksichtigung von Energie- und Umweltgesichtspunkten vorantreibt. Hier ist insbesondere die EU gefordert, ein einheitliches technisches und rechtliches Reglement für den europäischen Schienenverkehr herzustellen und die Marktzutrittshemmnisse für private Wettbewerber abzubauen. Als komplementäre nationale Maßnahme wird die möglichst vollständige Internalisierung der externen Kosten im Straßengüterverkehr vorgeschlagen.

[120] Vergleiche auch Kapitel 5.

(1932) Hinsichtlich des Luftverkehrs entwickelt sich erst langsam die Einsicht, dass auch dieser Bereich trotz der bisher noch relativ geringen Zahl der darauf entfallenden Verkehrsvorgänge als zunehmend kritisch einzuschätzen ist. Unabhängig vom Bedarf an vertiefender wissenschaftlicher Forschung, gesellschaftlicher Debatte und internationalen Verhandlungen wird hierzu als erster Schritt der Maßnahmenvorschlag wieder aufgenommen, die unzeitgemäße abgabenseitige Begünstigung von Flugkraftstoffen aufzuheben. Aus Gründen der Vorsorge wäre es darüber hinaus wünschenswert, die Expansion des Luftverkehrs maximal auf den Umfang zu beschränken, der durch Effizienzgewinne als Folge verbesserten Fluggeräts und verbesserter Abwicklung des Luftverkehrs kompensiert wird. Unter welchen Rahmenbedingungen eine solche Maßnahme konsensfähig sein könnte, kann hier nicht diskutiert werden.

(1933) Die folgenden Instrumente sieht die Kommission als besonders vordringlich und zielführend an:

a. CO_2-Flottengrenzwerte (Äquivalente) für Pkw,
b. Förderung effizienter Pkw durch Kfz-Steuer- und MWSt-Differenzierung,
c. Tempolimits für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge,
d. Modifikation der Absetzbarkeit des Betriebsmittels Pkw,
e. Deckung aller Externkosten Lkw durch Road-Pricing sowie
f. Gleichbehandlung von Flugverkehr und Bahn/Bus bei der Mineralölsteuer und der Mehrwertsteuer.

a) CO_2-Flottengrenzwerte (Äquivalente) für Pkw (und als Pkw genutzte Vans/Geländewagen)

Energieträgerbezogen?	Nein
Technologiebezogen?	Nein
Sektorbezogen?	Ja
Akteursbezogen?	Pkw-Hersteller
Hemmnisbezogen?	Ja
Marktphasenbezogen?	Ja, Produktentwicklung und Verkauf in D
Produktlebenszyklusbezogen?	Planung und Marketing

Begründung

(1934) Die Pkw (einschließlich der als Pkw benutzten Vans/Geländefahrzeuge) sind für den größten Anteil des verkehrsbedingten Energieverbrauches verantwortlich, hier werden bisher nahezu ausschließlich fossile Energieträger

eingesetzt, bisherige freiwillige Zusagen zur Verbrauchsabsenkung laufen aus. Dennoch liegen die spezifischen Energieverbräuche der Pkw im Durchschnitt deutlich höher als nach dem Stand der Technik erforderlich. Durch geeignete Richtwerte kann der spezifische Energieverbrauch erheblich abgesenkt werden.

Zielsetzung

(1935) Langfristig angelegter und kalkulierbarer Übergang zu verbrauchsärmeren, energieeffizienteren Fahrzeugen. Bei jährlicher Absenkung um (linear) beispielsweise 5 % vom Anfangswert über eine zehn-Jahres-Periode ergibt sich eine Halbierung der mittleren CO_2-äquivalenten Emissionen, d. h. unter Berücksichtigung der anderen Klimagase. Diese Werte beziehen sich auf die Neuwagenjahrgänge unter Normtestbedingungen. Bei degressiver Fortsetzung des Absenkungspfades kann eine fortschreitende Anpassung an den sich ebenfalls entwickelnden Stand der Technik gesichert werden. Im Zuge der Bestandserneuerung setzen sich die Verbesserungen schrittweise in der gesamten Pkw-Flotte um.

Rechtliche Ausgestaltung

(1936) Geeignete Zielgrößen müssen auf nationalstaatlicher Ebene oder durch die EU festgelegt werden. Nach Möglichkeit sollte dies im Rahmen von Vereinbarungen mit der Automobilindustrie erfolgen.

Kurzbeschreibung

(1937) Die Pkw-Hersteller werden verpflichtet, im Mittel der Zulassungen eines Jahres einen bestimmten Durchschnittswert der CO_2-Emissionen (unter Normtestbedingungen) nicht zu überschreiten. Bei der CO_2-Ermittlung werden andere Klimagase, z. B. aus Klimaanlagen oder N_2O, als Äquivalenzwerte berücksichtigt. Zur Vermeidung von Marktverzerrungen bzw. zur Berücksichtigung unterschiedlicher Modellpaletten werden die Grenzwerte **herstellerspezifisch** festgelegt, indem von einem Bezugsjahr ausgehend die Emissionsmittelwerte für die Folgejahre um beispielsweise je 5 % jährlich vom Anfangswert gesenkt werden. Nach einer linearen Absenkungsphase zur schnellen Annäherung an niedrigere Zielwerte erfolgt ein Übergang zu einer degressiven Absenkungscharakteristik, etwa mit jährlichen Reduktionsraten von 3 % zur weiteren Anpassung an den Stand der Technik. Der Durchschnitt wird jeweils aus dem Normverbrauch der Modelle und der Zahl der neu in dem Jahr zugelassenen Pkw gewichtet. Bei Zielverfehlung werden die Hersteller verpflichtet, durch höhere Absenkung im Folgejahr den Umfang der nicht zureichenden Absenkung zu kompensieren. Nicht ausgeglichene Zielverfehlungen sind entweder durch Regeln über handelbare Zertifikate oder die Vorgabe von Kompensationszahlungen abzufangen.

Bewertung

(1938) Entwicklung und Marktdurchdringung technischer Effizienzverbesserungen und Einsatz kohlenstoffarmer bzw. -freier Energieträger werden forciert. Der Durchschnittsverbrauch der Pkw kann durch eine derartige Maßnahme mittelfristig halbiert werden, so dass damit langfristig Absenkungen um den Faktor 4 und mehr erreicht werden können. Dadurch wird auch der Übergang zu einem höheren Anteil der auf regenerativer Basis gewonnenen Treibstoffe unterstützt. Eine Beaufschlagung der jeweiligen Neufahrzeugflotte mit schrittweise verschärften Anforderungen führt zu einer planbaren und gleitenden Verbesserung der Gesamtflotte bei vergleichsweise geringer Eingriffsintensität. Insbesondere bleibt durch die Adressierung der durchschnittlichen Anforderungen an die Neufahrzeuge die Flexibilität hinsichtlich der Ausführung unterschiedlicher Fahrzeugkonzepte und -modelle erhalten. Problematisch bleibt wie bei allen am Normverbrauch ansetzenden Instrumenten die Diskrepanz zwischen Normverbrauch und Praxisverbrauch.

b) Förderung effizienter Pkw durch Differenzierung von Kraftfahrzeug- und Mehrwertsteuer

Energieträgerbezogen?	Nein
Technologiebezogen?	Nein
Sektorbezogen?	Ja
Akteursbezogen?	Pkw-Käufer und -Halter
Hemmnisbezogen?	Ja
Marktphasenbezogen?	Nein
Produktlebenszyklusbezogen?	Nein

Begründung

(1939) Das Marktangebot bei Pkw (einschl. ähnlich eingesetzte Vans/Geländefahrzeuge) stellt eine breite Palette unterschiedlich effizienter Modelle bereit. Durch die differenzierte Besteuerung innerhalb einer bestimmten Hubraumklasse nach der Effizienz kann die Nachfrage nach effizienteren Modellen wirksamer unterstützt werden; denn das aufkommensneutrale „Feebate“-System (Abgabe durch höhere Steuer = **fee** plus Zuschuss durch Steuersenkung = **rebate**) verbindet also Lenkungs- und Anreizeffekte.

Zielsetzung

(1940) Ziel ist die Verbesserung der Energieeffizienz und Senkung des durchschnittlichen CO_2-Ausstoßes im Pkw-Bestand.

Rechtliche Ausgestaltung

(1941) Kraftfahrzeugsteuergesetz und Mehrwertsteuergesetz müssen hierzu geändert werden.

Kurzbeschreibung

(1942) Die Modifikation der Steuersätze soll aufkommensneutral gestaltet werden. Durch die steuerliche Spreizung entsprechend den CO_2-Emissionsäquivalenten werden energieeffiziente Pkw (sowie als Pkw zu behandelnde Vans/Geländefahrzeuge) entlastet und in der Markteinführung unterstützt. Wenig effiziente Fahrzeugmodelle werden entsprechend höher belastet, um Aufkommensneutralität zu gewährleisten.

Bewertung

(1943) Im Zuge einer generellen Orientierung an verbrauchsgünstigeren und emissionsärmeren Fahrzeugen erscheint es sehr sinnvoll, auch die entsprechende Motivation auf der Seite der Fahrzeugbeschaffer und -halter zu stützen. Dafür ist die vorgesehene Maßnahme gut geeignet.

c) Modifizierte Tempolimits für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge

Energieträgerbezogen?	Nein
Technologiebezogen?	Nein
Sektorbezogen?	Ja
Akteursbezogen?	Fahrzeugführer
Hemmnisbezogen?	Ja
Marktphasenbezogen?	Nein
Produktlebenszyklusbezogen?	Nein

Begründung

(1944) Hohe und überhöhte Geschwindigkeit ist neben der Entwicklung der Verkehrsmengen in vielen Bereichen die maßgebliche Treibergröße für die negativen Nebenwirkungen des Straßenverkehrs. Zum Beispiel nehmen der Energieverbrauch und CO_2-Emission, auch weitere Schadstoffe wie NO_X, mit hohen Fahrgeschwindigkeiten überproportional zu.

Zielsetzung

(1945) Angestrebt wird eine Reduzierung des Energieverbrauches und der CO_2-Emissionen des entsprechenden Fahrzeugbestandes. Ein Nebeneffekt entsteht mit der Minderung von anderen Problemen des Verkehrs in anderen Belastungsbereichen (z. B. Unfälle).

Rechtliche Ausgestaltung

(1946) Die rechtliche Ausgestaltung soll über eine Änderung der Straßenverkehrsordnung (StVO) mit Festlegung von modifizierten zulässigen Höchstgeschwindigkeiten erfolgen. Ebenfalls erforderlich ist eine Änderung der allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur StVO zur vereinfachten Anordnung und Gestaltung verkehrsberuhigter Zonen.

Kurzbeschreibung

(1947) Neu eingeführt wird eine generelle Höchstgeschwindigkeit, die von allen Fahrzeugen auf allen Straßen einzuhalten ist, also auch auf Autobahnen. Die zulässige Höchstgeschwindigkeit auf Freilandstraßen mit Gegenverkehr und die zulässige Höchstgeschwindigkeit auf innerörtlichen Straßen wird abgesenkt. Die rechtlich-administrativen Möglichkeiten zur Einführung und Gestaltung von verkehrsberuhigten Zonen werden vereinfacht, so dass in größerem Umfang von diesem Instrument Gebrauch gemacht werden kann.

Bewertung

(1948) Durch die Reduktion der Geschwindigkeiten und der Fahrdynamik wird ein direkter Zielbeitrag zur Reduktion des Energieverbrauchs und der damit verbundenen Emissionen erreicht. Durch die c.p. erhöhten Transportzeiten wird ein Impuls zur Kompensation durch Verkehrsvermeidung gesetzt, der zu weiteren Reduktionen bei Energieverbrauch und Emissionen führt. Aufgrund der hauptsächlichen Wirkung der Geschwindigkeitsreduktion auf den Pkw-Verkehr wird ein Impuls zur Verkehrsverlagerung auf weniger belastende andere Verkehrsträger gesetzt. Durch die Limitierung der Höchstgeschwindigkeit wird gleichzeitig ein Anreiz zum verstärkten Einsatz leistungsschwächerer und verbrauchsärmerer Pkw gesetzt. Parallel zu Energieverbrauch und Emissionen werden auch die Geräuschentwicklung, die Unfallrisiken (Häufigkeit und Schwere) und weitere negative Effekte des Motorisierten Individualverkehrs gemindert. Da Deutschland hinsichtlich der unbeschränkten zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf Autobahnen weltweit eine Sonderrolle einnimmt, ergibt sich auch ein Beitrag zur internationalen Vereinheitlichung der Regeln für den Straßenverkehr, sowie – im Ergebnis energiebedarfsmindernd – für die Auslegungsanforderungen von Pkw. Soziale Marketing-Aktivitäten zur Notwendigkeit und Wünschbarkeit dieser Maßnahme sowie eine entsprechende gesellschaftlichen Konsensbildung erscheinen notwendig.

d) Modifikation der Absetzbarkeit des Betriebsmittels Pkw

Energieträgerbezogen?	Nein
Technologiebezogen?	Nein
Sektorbezogen?	Ja
Akteursbezogen?	Betriebliche Fahrzeughalter
Hemmnisbezogen?	Ja
Marktphasenbezogen?	Nein
Produktlebenszyklusbezogen?	Nein

Begründung

(1949) Betrieblich genutzte Pkw stellen zwar nur einen geringen Anteil aller Pkw dar, jedoch wird im Segment der besonders teuren und verbrauchsungünstigen Pkw der Großteil der Neuzulassungen als betriebliche Ausgabe steuerlich abgesetzt. Es kann davon ausgegangen werden, dass hier in erheblichem Umfang über betriebliche Transporterfordernisse hinausgehende auch persönliche Nutzerwünsche ursächlich sind, die aufgrund der steuerlichen Absetzbarkeit indirekt privilegiert gehandelt werden. Über die Jahre hinweg wird auf diese Weise der Pkw-Bestand in eine energetisch unerwünschte Richtung geführt. Durch Rückführung der Absetzbarkeit auf die betrieblichen Erfordernisse kann dem begegnet werden.

Zielsetzung

(1950) Das Instrument verfolgt zwei Ziele: Erstens die Erhöhung der Energieeffizienz der betrieblich eingesetzten Pkw und zweitens die flankierende Abwehr verbrauchserhöhender Tendenzen bei der Entwicklung des Fahrzeugmixes im Fahrzeugbestand.

Rechtliche Ausgestaltung

(1951) Die entsprechenden steuerrechtlichen Bestimmungen müssen geändert werden.

Kurzbeschreibung

(1952) Ausgehend vom jeweils aktuellen Fahrzeugangebot werden Obergrenzen für die steuerliche Geltendmachung der Anschaffungskosten je Fahrzeug abgeleitet. Darüber hinausgehende tatsächliche Kosten sind als Ausgaben im privaten Interesse selbstverständlich möglich, sind aber dann auch buchhalterisch und steuerlich entsprechend zu behandeln.

Bewertung

(1953) Die generelle Orientierung an energieeffizienten Fahrzeugen könnte signifikant beeinträchtigt werden, wenn im betrieblichen Bereich – gestützt auf das Institut der steuerlichen Geltendmachung betrieblicher Ausgaben – weiterhin eine gegensätzliche Orientierung verfolgt werden könnte.

e) Deckung aller externen Kosten der Lkw durch Road-Pricing

Energieträgerbezogen?	Nein
Technologiebezogen?	Nein
Sektorbezogen?	Ja
Akteursbezogen?	Lkw-Betreiber
Hemmnisbezogen?	Ja
Marktphasenbezogen?	Nein
Produktlebenszyklusbezogen?	Nein

Begründung

(1954) Durch die Maßnahmen zum Abbau von steuerlichen Subventionen ist bereits die Gleichbehandlung der Energieträger dergestalt vorgesehen, dass Diesel- und Ottokraftstoff steuerlich gleichgestellt werden. Die insbesondere durch die hohe Straßenbelastung durch schwere Lkw verursachten Straßenschäden können verursachergerecht durch ein weiter entwickeltes Road-Pricing abgedeckt werden. Alle Externkosten-Studien weisen darauf hin, dass zur Internalisierung höhere Abgaben auf den schweren Lkw-Verkehr erforderlich sind. Damit werden auch die ausländischen Fahrzeuge des Transitverkehrs anteilig zur Finanzierung herangezogen.

Zielsetzung

(1955) Durch verursachergerechte Anlastung von Kosten werden die wirtschaftlichen Optima den tatsächlichen Verhältnissen angepasst und eine Entscheidungsfindung zugunsten nachhaltiger Strukturen mit höherer Wohlfahrt begünstigt.

Rechtliche Ausgestaltung

(1956) Die Rechtsbestimmungen zu den Straßenbenutzungsabgaben für den Schwerlastverkehr auf der Straße sind fortzuentwickeln.

Kurzbeschreibung

(1957) Die Abgaben sind schrittweise auf die volle Höhe der externen Kosten des Lkw-Verkehrs anzupassen.

Bewertung

(1958) In Abstimmung mit den Abgaben auf Energieträger ein verursachergerechtes und zielgenaues Instrument.

f) Gleichbehandlung von Flugverkehr und Bahn/Bus bei Mineralöl- und Mehrwertsteuer

Energieträgerbezogen?	Nein
Technologiebezogen?	Nein
Sektorbezogen?	Ja
Akteursbezogen?	Fluggesellschaften / Luftverkehrsnutzer
Hemmnisbezogen?	Ja, Abbau von Begünstigung
Marktphasenbezogen?	Nein
Produktlebenszyklusbezogen?	Nein

Begründung

(1958) Der Luftverkehr wird bisher steuerlich bevorzugt, hat aber die größte Zuwachsdynamik im Energieverbrauch

und bei den Klimaemissionen. Diese wirtschaftswissenschaftlich nicht begründbare steuerliche Ungleichbehandlung bei den Treibstoffen wird seit Jahren als änderungsbedürftig herausgestellt.

Zielsetzung

(1959) Durch Abbau der steuerlichen Begünstigung von Flugkraftstoffen gegenüber Bodenkraftstoffen soll der Wettbewerb zwischen den Verkehrsträgern gestärkt und die Wettbewerbsposition konkurrierender Verkehrsträger verbessert werden. Bei Fehlen von ernsthaften verkehrlichen Alternativen insbesondere im Langstreckenverkehr soll durch angemessene Kostengestaltung der Entscheidungsrahmen auf eine vertretbare Basis gestellt und im Ergebnis ein gewisser Dämpfungseffekt im Luftverkehr erzielt werden.

Rechtliche Ausgestaltung

(1960) Eine Lösung ist zumindest im Rahmen eines harmonisierten Ansatzes in der EU anzustreben. Unabhängig davon ist eine nationale Lösung durch Kündigung widersprechender internationaler Vereinbarungen durch Belegung der in Deutschland abgegebenen Flugkraftstoffe mit den entsprechenden Steuern und Abgaben in der bei Bodenkraftstoffen eingeführten Höhe vorzubereiten. Im internationalen Luftverkehr ist dies – in Übereinstimmung mit dem Washingtoner Abkommen – diskriminierungsfrei zu gestalten, d. h. mit einheitlichen Steuersätzen bei der Treibstoffabgabe an in- und an ausländische Fluggesellschaften/Flugzeuge.

Kurzbeschreibung

(1961) Die erste und vorzuziehende Variante besteht in der Erhebung von Mineralölsteuern und Mehrwertsteuern im Luftverkehr. Eine zweite Variante besteht in der Freistellung von Bahn und Bus von Mineralöl-Steuern und MWSt auf Fahrkarten entsprechend den Usancen im Luftverkehr. Bei – wie oben bereits beschrieben – Vereinheitlichung der Abgabensätze auf Diesel- und Ottokraftstoffe ist es nicht schwer, auch für alle Flugkraftstoffe damit harmonisierte Abgabesätze festzulegen.

Bewertung

(1962) Unbeschadet weiterer Maßnahmen im Luftverkehr zur Erzielung einer insgesamt klimaverträglichen Entwicklung im Verkehrsbereich stellt die Abschaffung der begünstigenden Sonderbehandlung bei den Kraftstoffen einen notwendigen und sinnvollen Schritt dar. Insgesamt kann davon eine Dämpfung der Zuwachsdynamik im Luftverkehr erwartet werden, deren Art und Umfang allerdings wegen der unterschiedlichen Preisbildung bei Flugtickets variieren kann. Aufgrund der gegenwärtig nachrangigen Position der Treibstoffkosten als Kostenfaktor (durchschnittlich lediglich um die 10 %) sind auch aus deutlichen Kostenerhöhungen in diesem Kostenfaktor im Mittel nur verhältnismäßig schwache Preiserhöhungen abzuleiten. Insbesondere bei Kurzstreckenflügen kann es durch die relative Verbesserung der Marktposition anderer Verkehrsträger zu Verschiebungen kommen. Bei privaten Langstreckenflügen entstehen wegen spürbarer Preiserhöhungen Einschränkungen. Geschäftliche Flüge, auch über größere Distanzen, dürften eine geringere Elastizität aufweisen. Bei den üblichen Mittelstrecken-Urlaubsflügen ist durch die beschränkte Höhe der Verteuerungen kein Einbruch, sondern allenfalls eine reduzierte Steigerung zu erwarten.

6.3.4 Bildung, Forschung und Entwicklung für eine nachhaltige Energieversorgung

6.3.4.1 Einleitung

(1963) In der Nachkriegszeit lag der Schwerpunkt der finanziellen Unterstützung der Energieforschung in Deutschland auf fossiler Kraftwerkstechnik und Nukleartechnologie. Die heutigen Energieversorgungssysteme sind davon geprägt.

(1964) Bezieht man den Zeitraum von 1956 bis 1973 mit ein, so ergeben sich kumulierte Gesamtaufwendungen des Bundes für Energieforschung und -technologien bis zum Jahr 2000 von 14 578 Mio. € für nukleare Energieforschung, 2 260 Mio. € für Kernfusionsforschung, 1 504 Mio. € für die Beseitigung kerntechnischer Anlagen, 3 353 Mio. € für erneuerbare Energie und rationelle Energieverwendung und von 2 668 Mio. € für Kohle und andere fossile Energieträger.[121]

(1965) Zwischen 1978 und 1995 wurden in den europäischen OECD-Staaten für Forschung und Entwicklung der Energieträger Kohle, Erdgas und Öl insgesamt 7 881 Mrd. US-$, für die Nuklearenergie der deutlich höhere Betrag von 41 269 Mrd. US$ ausgegeben.[122] Für Energieeinsparmaßnahmen und erneuerbare Energien wurden dagegen im gleichen Zeitraum insgesamt nur 13 505 Mrd. US-$ bereitgestellt.[123]

(1966) Die Aufwendungen für Forschung und Entwicklung stellen allerdings nur den kleineren Teil der Energiesubventionen dar. Die Schätzungen für die weltweiten Subventionen für fossile und nukleare Energiebereitstellung reichen von ca. 200 bis 500 Mrd. US-$ pro Jahr.

(1967) Die Kommission hat in ihrem Ersten Bericht einvernehmlich festgestellt, dass das gegenwärtig Energieversorgungssystem in wesentlichen Aspekten nicht nachhaltig ist.[124]

(1968) Sie ist der Auffassung, dass insbesondere wegen der großen Rolle technischer, wirtschaftlicher und sozialer Innovationen bei der Gestaltung eines nachhaltigen

---

121 Vergleiche BMBF (2002). Wegen einer Umstellung der Leistungsplansystematik 1973 ist die Zuordnung der Ausgaben von 1956 bis 1973 nicht genau möglich.

122 Diese Beträge enthalten nicht alle Subventionsmittel, die versteckt in verschiedenen Haushaltstiteln verteilt sind. Für die Nuklearenergie ist nach Greenpeace der Subventionsbetrag in Wirklichkeit um ca. 15 Mrd. US-$ höher als in den offiziellen Statistiken angegeben wird.

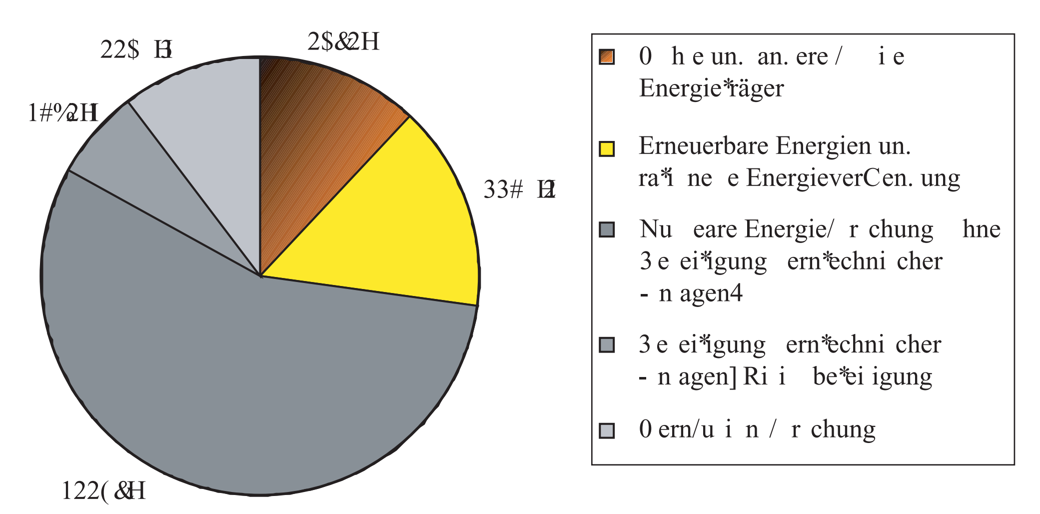
123 Vergleiche Greenpeace (1997): S. 8.

124 Vergleiche Enquete (2001a).

Abbildung 6-7



Summe der Gesamtaufwendungen für Energieforschung durch den Bund 1973 bis 2000



Quelle: BMBF (DASTAT)

Energiesystems ohne einen zeitnahen Prioritätenwechsel in der Energieforschungsförderung ein nachhaltiges Energiesystem nicht realisierbar ist.

(1969) Nachfolgend wird auf den konzeptionellen Rahmen und die Kriterien des erforderlichen Paradigmenwechsels in der Forschungspolitik eingegangen.

6.3.4.2 Das Leitbild Nachhaltigkeit in Forschung und Entwicklung

(1970) Der Kommission erscheint eine Vertiefung und breite Verankerung des Nachhaltigkeitskonzeptes in Forschung und Entwicklung als erfolgversprechender Weg. Der grundlegende Ansatz für die Umsetzung des Leitbildes „Nachhaltigkeit" in Forschung und Entwicklung, wie er zum Beispiel im niederländischen DTO-Programm[125] formuliert wurde, ist inzwischen von vielen europäischen Ländern in zahlreiche Programme übernommen worden. Auch in Deutschland haben die Koalitionsfraktionen des Deutschen Bundestages und die Bundesregierung in der 14. Legislaturperiode Konsequenzen gezogen. Sie kommen in einer Reihe von parlamentarischen Initiativen zum Ausdruck. Beispielhaft sei hier auf das Konzept einer „Bildungs- und Forschungspolitik für eine nachhaltige Entwicklung"[126] hingewiesen. Mit der 2002 verabschiedeten Nachhaltigkeitsstrategie[127] hat die Bundesregierung ein weiteres wichtiges politisches Zeichen gesetzt. Handlungsfeldorientierte Forschungsprogramme des BMBF sind erstmals zu den Bedürfnisfeldern „Bauen und Wohnen" („Stadt 2030") sowie „Mobilität" in Angriff genommen worden.

Weitere Beispiele für das Bemühen, Nachhaltigkeitsgesichtspunkte systematisch zu berücksichtigen, sind das Teilprogramm „Nachhaltiges Wirtschaften", der Forschungsschwerpunkt „Sozialökologische Forschung" und die ökologische Begleitforschung des BMU.

(1971) Die Kommission hat in ihrem Ersten Bericht ein Indikatorensystem für ein nachhaltiges Energiesystem erarbeitet. Damit hat sie einen Maßstab für die Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsaspekten in der Forschung im Energiesektor bezüglich Angebot und Nachfrage geschaffen.

(1972) In Ergänzung zu diesen Punkten hält die Kommission es für bedeutsam, die Analyse der Hemmnisse für eine beschleunigte Markteinführung, der Instrumente und Maßnahmen für eine erfolgreiche Marktransformation und der Evaluierung der Wirkungen von neuen Techniken in transdisziplinäre Forschungsprogramme mit einzubeziehen. Insofern müsste auch die Forschungsförderung – wo immer es sinnvoll erscheint – verstärkt auf eine Verlängerung der Forschungskette mit den Phasen „Forschung (F) & Entwicklung (E) & Demonstration (D) & Verbreitung (Markteinführung) (V) & Evaluierung/Bewertung (B)" zielen.[128]

(1973) Viele der in den Kriterien implizierten Forderungen sind nicht neu. Sie stoßen aber bei der Umsetzung in die Praxis auf erhebliche Probleme. Ursachen hierfür sind: Die traditionelle Organisation von Forschung und Wissenschaft steht der Interdisziplinarität tendenziell entgegen; die Verknüpfung von Grundlagenforschung und angewandter Forschung funktioniert nur begrenzt; die Bewer-

[125] Deutscher Bundestag (1999); Bundestagsdrucksache 14/571: S. 35-48.

[126] Deutscher Bundestag (2001): Bundestagsdrucksache 14/6022 vom 9. Mai 2001.

[127] Vergleiche Deutsche Bundesregierung (2002).

[128] In der englischsprachigen Literatur wird als Fachbegriff RD^3 + A (Research + Development + Demonstration + Dissemination + Assessment) benutzt.

Kasten 6-5

Kriterien für eine nachhaltige Forschungs- und Entwicklungspolitik

In der internationalen Diskussion haben sich folgende Kriterien für eine nachhaltige F&E-Politik herausgebildet:[129]

1. Problemorientierte Interdisziplinarität und systemisch-vernetzte Zusammenarbeit

Die interdisziplinäre Zusammenarbeit natur-, ingenieur-, wirtschafts- und sozialwissenschaftlicher Disziplinen ist sowohl für die Konkretisierung des Leitbildes als auch für die Umsetzung des Leitbildes in neue Technologien, Produkte und Konsum- und Produktionsweisen von großer Bedeutung. Dazu gehört auch die konzeptionelle Weiterentwicklung und Präzisierung des Leitbildes und die Suche nach konsensfähigen „Mischstrategien“, die die Dimensionen von Effizienz, Suffizienz und Konsistenz verbinden. Aufgrund der komplexen Problemstellungen, die mit nachhaltiger Entwicklung verbunden sind, ist eine interdisziplinäre, ökonomische und soziale Aspekte berücksichtigende Erforschung von Wirkungszusammenhängen ökologischer Problemlagen und „nachhaltiger“ Handlungsoptionen notwendig.

2. Verbindung von grundlagen- und theoriebezogener Forschung mit Anwendungs- und Gestaltungsorientierung

Eine an nachhaltiger Entwicklung orientierte Forschung kann weder reine Grundlagenforschung noch bloße angewandte Forschung sein. Vielmehr muss Grundlagenwissen gekoppelt werden an konkrete Forschung und bezogen werden auf Handlungsoptionen. Das vorliegende Wissen muss in praktisch anwendbare Konzepte und Maßnahmen zu einer nachhaltigen Gestaltung von Wirtschafts- und Lebensweisen übersetzt werden. Wichtig ist in diesem Kontext die Feedback-Funktion: Probleme aus der angewandten Forschung mit längerfristigem Lösungshorizont müssen von der Grundlagenforschung tatsächlich aufgegriffen werden. Grundlage für die Förderung ist die Evaluation der Vorhaben mit ihrem Beitrag zur Erreichung von Nachhaltigkeitszielen auf der Basis von Nachhaltigkeitsindikatoren.

3. Langfrist- und Folgenorientierung

Ein zentraler Aspekt einer nachhaltigen Entwicklung besteht in der Sicherung der Lebensgrundlagen zukünftiger Generationen. Damit wird der F&E-Politik ein langfristiger Zeithorizont hinsichtlich der Entwicklung von Innovationen wie auch der Berücksichtigung von Folgen und Problemlösungspotenzialen von Innovationen vorgegeben. Langfristige technische Entwicklungsziele rücken deshalb gegenüber der Verfolgung kurzfristiger Entwicklungslinien in den Vordergrund. Neben der Folgenabschätzung gewinnt dabei auch die Früherkennung von Innovationspotenzialen eine besondere Bedeutung.

4. Verbindung von regionalen und globalen Analyse- und Handlungsebenen

Nachhaltige Entwicklung ist als Leitbild der Umwelt- und Entwicklungspolitik entstanden. Es thematisiert globale Problemzusammenhänge von wirtschaftlicher Entwicklung und Umweltbelastung in internationaler Perspektive. Die Untersuchung der Zusammenhänge und Wechselwirkungen zwischen regionalen und globalen Entwicklungen muss folglich zu einem zentralen Aspekt von Forschungen zu nachhaltiger Entwicklung werden. Bei regionenbezogenen Analysen sollten die möglichen überregionalen und globalen ökonomischen und ökologischen Auswirkungen mitreflektiert werden. Für die F&E-Politik bedeutet dies sowohl die Beteiligung an internationalen Forschungsprogrammen als auch die Förderung von regional ausgerichteten Projekten mit Bezug zu einer überregionalen oder globalen Handlungsebene.

5. Orientierung an gesellschaftlichen Bedürfnisfeldern

Mit „Nachhaltigkeit“ ist die Perspektive einer langfristigen Entwicklung von umweltschonenden, wirtschaftlichen und sozial tragfähigen Modellen von Produktion und Konsumption verbunden. Entscheidende Innovationen liegen dann möglicherweise nicht mehr in isolierten Verbesserungen der Umweltverträglichkeit oder der Wirtschaftlichkeit einzelner Technologien und Produkte, sondern in der größeren „Nachhaltigkeit“ der Befriedigung gesellschaftlicher Bedürfnisse in verschiedenen Handlungsfeldern (z. B. Ernährung und Gesundheit, Bauen und Wohnen, Mobilität,

[129] Vergleiche TAB (1997).

noch Kasten 6-5

Arbeit und Freizeit oder Produktion und Konsumption etc). Damit besteht die Aufgabe von F&E-Politik nicht allein in der Förderung einzelner Technologiefelder, sondern in der Suche nach integrierten technischen und nichttechnischen Konzepten, die am Ziel einer nachhaltigen Befriedigung gesellschaftlicher Bedürfnisse und einer entsprechenden Umorientierung von Produktions- und Konsummustern ausgerichtet ist.

6. Akteursorientierung

Eine an Nachhaltigkeit orientierte Forschungs- und Technologiepolitik muss sich um die Schließung der Lücke zwischen (ökologischem) Grundlagenwissen und den gesellschaftlichen Handlungs- und Umsetzungsmöglichkeiten bemühen. Entsprechend ist für einen reibungslosen Transfer von Innovationen in die Anwendung das Wissen und die Handlungsmöglichkeiten von Herstellern, Distributoren, Endverbrauchern und Verbänden einzubeziehen. Die F&E-Politik hat vor diesem Hintergrund geeignete Verfahren, Instrumente und Institutionen zu entwickeln, um eine problemorientierte Kommunikation und Kooperation der Akteure zu ermöglichen und ihr Wissen, ihre Interessen und ihre Handlungsmöglichkeiten in die F&E-Aktivitäten zu integrieren.

tung der Vorhaben unter Nachhaltigkeitsaspekten setzt ein Set von – möglichst allgemein akzeptierten – Nachhaltigkeitsindikatoren voraus und die Einbeziehung der Akteure darf nicht zur Interessensvertretung von Unternehmen oder Verbänden werden. Im Bildungssystem gibt es noch zu wenige Angebote der Weiterbildung für Lehrer und Multiplikatoren; die Umsetzung von Nachhaltigkeitsthemen in Curricula befindet sich noch am Anfang.

6.3.4.3 Die Realisierung des Leitbildes „Nachhaltige Energieversorgung“

(1974) Bei der Realisierung des Leitbildes „Nachhaltige Energieversorgung“ hat nach Auffassung der Kommission die Bildungs- und Forschungspolitik die zentrale Aufgabe, in allen energierelevanten Bereichen technische und soziale Neuerungen durch problemgerechte Rahmenbedingungen anzuregen. So kann Qualitäts- und Innovationswettbewerb im Energiebereich zielgenau auf Nachhaltigkeitsziele ausgerichtet werden. Die Kommission hält folgende Elemente für besonders wichtig:

1. eine **Bildungspolitik,** die energierelevante Nachhaltigkeitsaspekte und -ziele auf allen Bildungsstufen in ihre jeweiligen Curricula integriert, einen Bildungs- und Know-how-Transfer unterstützt sowie die erforderlichen sozialen Kompetenzen fördert,
2. eine aktive, interdisziplinäre **Forschungsförderung** für nachhaltige Technologien und entsprechende Begleitforschungen und
3. die angemessene Unterstützung von marktnaher **Entwicklung** und **Verbreitung,** v. a. auch durch Markteinführungsstrategien für dezentrale, erneuerbare und effiziente Technologien.

(1975) Die Kommission ist der Überzeugung, dass es im ureigensten Interesse der Industrieländer liegt – im Sinne des „aufgeklärten Eigennutz“[130] –, ihre Innovationsstärke für die Realisierung von Nachhaltigkeitszielen im Energiesektor einzusetzen. Dabei kommen den privatwirtschaftlichen Bemühungen zur Senkung der Emissionen und der Bereitstellung von Know-how für „nachhaltige“ Produkte und Dienstleistungen (und Kapital) herausragende Bedeutung zu. Hohe Innovationsfähigkeit sind Investitionen in die Zukunft. Angesichts des stark ansteigenden Bedarfs an emissionsarm bzw. emissionsfrei bereitgestellten Energiedienstleistungen sind expandierende Investitionsvolumina in diesen Bereichen vergleichsweise sicher.

(1976) Die Kommission macht darauf aufmerksam, dass besonders jene Technologiebereiche und interdisziplinären Ansätze national von großem Interesse sind, in denen Deutschland eine internationale Vorreiterrolle einnimmt (wie z. B. bei Effizienztechniken, erneuerbaren Energien oder bei Systemlösungen). Dies gilt insbesondere vor dem Hintergrund der Tatsache, dass eine wachsende Weltbevölkerung sowie der wirtschaftliche Entwicklungsbedarf in vielen Teilen der Welt ohne Forcierung des energie- und ressourcensparenden Fortschritts die Ausgestaltung eines nachhaltigen Energiesystems unmöglich machen würden. Die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands wird nach Auffassung der Kommission weitgehend davon bestimmt, inwieweit es in der Lage ist, Zukunftsmärkte für spezifische Technologien und Dienstleistungen als erste zu bedienen (first-mover-advantages).[131]

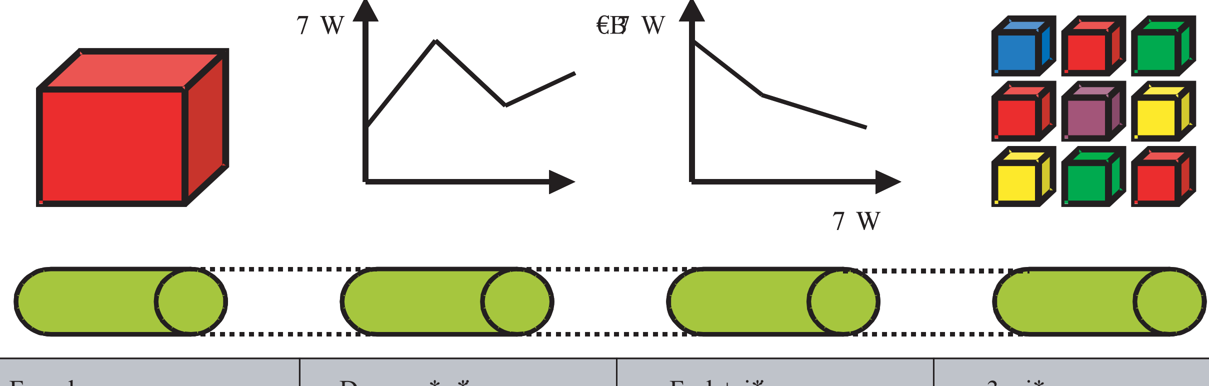
(1977) Die Kommission ist sich bewusst, dass rein technologische Ansätze nicht ausreichen. Sie empfiehlt daher dringend, die Grundlagenforschung und angewandte Forschung um Aspekte der Konkretisierung des Leitbildes und sozialer Handlungskapazitäten sowie der Wechselwirkungen zwischen technologischen, wirtschaftlichen und sozialen Entwicklungen systematisch zu erweitern.

[130] Vergleiche Linz (1994).

[131] Vergleiche Porter (1990), Porter/van der Linde (1995a,b), WTO/GATT-Studie (2001).

Abbildung 6-8

Anforderungen an die Forschungsförderung nach einer Verlängerung der Forschungskette



F r chung 6 En*Cic ung	Dem n *ra*i n	Fr; h+ei*ige 7 ar *ein/; hrung 3 u . Cn4	3 rei*en- - nCen. ung
_) chCierige Ver- Cer*ung v n F E _Eange <ei*h ri+ ne _1 he Ri i en	_) chCierige Ver- Cer*ung . er Dem n *ra*i n - 9r Je *e _Eange <ei*h ri+ ne _Ri i en _1 he 0 a9i*a - *en	_Finan+ierung . er <u a*+ *en _0 *en- un icherhei* _8echn gi che un. an. ere Ri i en	_1 he 8ran - a *i n *en _Feh en. e In*erna i ierung eI *erner 0 *en _Pr b eme bei Pr Je */inan+ierung _In/ rma*i n . e/i+i*e _e*c=e*c=

Quelle: PCAST (1999) mit Ergänzungen des Öko-Instituts

Kasten 6-6

Kriterienraster zur Beschreibung von Zukunftstechnologien der Energieerzeugung und Nutzung[132]

	Technologiekategorie	Ziel: Einordnung in eine Oberklasse (z. B. Erneuerbare Energien) sowie ggf. verschiedene Unterklassen (z. B. Stromerzeugung, Kraft-Wärme-Kopplung, Querschnittstechnologie)
1	**Stand der Technik**	Ziel: qualifizierte Beschreibung; Ausgangssituation für staatliche/private Technologieförderung
	Bewertung:	Indikator:
	erprobt und eingeführt (marktreife Anlagen) erprobt/durch Förderprogramme und Demonstrationsanlagen in den Markt eingeführt erprobt, marktfern (verfügbare Pilotanlagen) Forschungs- und Entwicklungsstadium	Nachfrage existiert und wird ohne zusätzliche Förderung gedeckt Technologie und Nachfrage im Grundsatz vorhanden, Förderung notwendig um Informationsdefizite, Unsicherheit abzubauen, Kosten zu senken oder den Beweis für Praxistauglichkeit zu erbringen Technische Lösung im Prinzip bekannt, hohe Kosten, Suche nach und Erschließung von wirtschaftlichen Anwendungsfeldern/ Nachfragesektoren Suche nach technischen Lösungen

132 Nach WI (2001b), in dieser Darstellung auf die nationale Ebene angepasst.

noch Kasten 6-6

2	**Entwicklungsperspektiven**	Ziel: qualifizierte Beschreibung der Entwicklungsziele, Schwerpunkte und offene Fragen der Technologieentwicklung; Identifikation des Handlungsbedarfs für staatliche/private Förderung
	Aspekte:	
	Kostendegressionen Wirkungsgradverbesserungen Verbesserung der Leistung/Funktionserfüllung im Vergleich zur Alternative Verlängerung Lebensdauer, Betriebszeit, Standfestigkeit Optimierung von Fertigungsverfahren, Verbesserung Ökobilanz inkl. Materialverbrauch Systemintegration, Up-Scaling Suche nach alternativen Technologielinien Transfer auf andere Anwendungsfelder	
3	**Markterwartungen/Potenziale**	Ziel: qualitative/quantitative Abschätzung des weltweiten und nationalen ökonomischen Potenzials als Zielgröße für staatl./privates Engagement; Identifikation der politischen Steuerungsmöglichkeiten (siehe auch Pkt. 8)
	Leitgröße:	Indikator:
	Marktentwicklung in Abhängigkeit der politischen Rahmenbedingungen (Business-as-usual, Klimaschutz, Ölpreisentwicklungen, Markteinführungsprogramme etc.)	Marktvolumen und/oder Stückzahlen bzw. Anwendungsfälle
4	**Adaptionsfähigkeit an Bedürfnisse der Entwicklungsländer**	Ziel: qualitative Abschätzung der globalen Exportfähigkeit
	Leitgröße:	Indikator:
	Eignung für lokale Produktion (local content) Betriebsanforderungen Wartungsfreundlichkeit Dauerhaftigkeit	Konstruktions- und Fertigungs-Know-how Anlagen, Werkstoffe erforderliches Installations-/Betriebs-Know-how Standfestigkeit/Klimatauglichkeit Betrieb&Wartungserfahrungen Reparatur, Entsorgung
5	**Beitrag zum Umwelt- und Klimaschutz**	Ziel: qualitative/quantitative Abschätzung des Beitrags zu einem zukunftsfähigen Energiesystem
	Leitgröße:	Indikator:
	spezifische Verbesserung absolute Entlastung Minderung anderer treibhausgasrelevanter Gase umweltbezogene Nebeneffekte ökologische Gesamtbilanz	Steigerung Effizienz gegenüber Standardalternative bezogen auf gleiche Funktionserfüllung bzw. Energiedienstleistung Gesamtreduktion Energieverbrauch und CO_2-Emissionen als abgeleitete Größe aus Anwendungsbereich, Marktpotenzial etc. Gesamtreduktion THG als abgeleitete Größe aus Anwendungsbereich, Marktpotenzial etc. Verringerung Materialeinsatz, Flächenverbrauch, Toxizität etc. Life Cycle Analysis, kumulierter Energieaufwand
6	**Entwicklungsanstrengungen in anderen Ländern**	Ziel: qualitative Beschreibung zur Bewertung der internationalen Relevanz der Technologie und zur Identifikation potenzieller Wettbewerber

noch Kasten 6-6

	Leitgröße:	Indikator:
noch 6	staatliche Förderung private Aktivitäten Kooperationen (Public-Private-Partnership)	Rolle in Energieforschung (Budget, Priorität in F&E-Programmen) Engagement Industrie, Technologie-/Marktführerschaft Umfang und Art der Kooperation, Rolle Demo-/ Markteinführungsprogramme
7	**Entwicklungsstand in D**	Ziel: qualifizierte Abschätzung der Position Deutschlands im internationalen Vergleich, Identifikation von Nachholbedarf
	Bewertung:	Indikator:
	Hoch Mittel Niedrig keine technologische Basis/Anwendung der Technik	D ist international technologisch führend Technologie wird in D weiterentwickelt ohne besondere Akzente zu setzen, ggf. in Teilbereichen führend Technik wird in D angewendet, aber nicht selber entwickelt
8	**Strategische Bedeutung für die Entwicklung in D**	Ziel: qualitative Abschätzung zur Identifikation erfolgversprechender Handlungsbereiche
	Leitgröße:	Indikator:
	Absatzchancen für Industrie auf heimischen Markt (D, EU) Absatzchancen für Industrie auf Exportmärkten (OECD, Entwicklungsländer) Beitrag zur Beschäftigungssicherung/ -schaffung in D Beitrag zur zukunftsfähigen Energieversorgung in D	abgeleitete Bewertung aus 3, 4, 6, 7 abgeleitete Bewertung aus 3, 4, 6, 7 abgeleitete Bewertung aus 3, 4, 6, 7 abgeleitete Bewertung aus 5
9	**Akzeptanz/Öffentlichkeitswirkung**	Ziel: qualitative Abschätzung der fördernden/hemmenden Faktoren für Marktentwicklung zur frühzeitigen Identifikation von Entwicklungsbarrieren
	Leitgröße:	
	Image und öffentliche Wahrnehmung der Technologie Erfahrungen und Bewertungen der Technologie durch Nutzer Ausrichtung und Engagement von Interessengruppen	
10	**Systemeffekte**	Ziel: qualifizierte Analyse der Einführungsvoraussetzungen, Nutzungsbedingungen, Konkurrenzen und Wechselwirkungen im Energiesystem
	Leitgrößen:	
	Voraussetzungen für Anwendung (komplementäre Techniken) Synergien zwischen Technologien oder komplementärer Anwendungen Ergänzungen, Ausweitungen der Anwendungsmöglichkeiten Auswirkungen auf Infrastrukturen und vorgelagerte Prozessketten im Energiesystem Konflikte (Technologiekonkurrenz, Inkompatibilitäten, Beeinträchtigung anderer technologischer Entwicklungen) Zeithorizonte, Übergänge politische Steuerungs- und Interventionsmöglichkeiten	

6.3.4.4 Vernetztes Denken und integrierter Politikansatz

(1978) Die erforderlichen Effizienzzuwächse, Innovationen und Umsetzungserfolge für eine nachhaltige Energieversorgung werden von der Kommission besonders dort erwartet, wo es gelingen kann, Interdisziplinarität produktiv zu organisieren: Eine innovationsorientierte Technologiepolitik muss in einem integrierten Politikansatz eine Entsprechung finden (z. B. Mittelstands- und Industriepolitik, Forschungs- und Technologieförderung, Bildungspolitik, Entwicklungshilfepolitik etc). Hierzu wird auf die Ausführungen zu den Potenzialen in den Energie- und Querschnittssektoren (Kapitel 4.3.1 bis 4.3.9) verwiesen, in denen die vielfältigen Interdependenzen und Systemaspekte deutlich werden.

6.3.4.4.1 Ansatzpunkte zur Weiterentwicklung und Optimierung

(1979) International agierende Unternehmen haben im Zuge der Globalisierung ihre Produktion und ihre Forschungsaktivitäten über mehrere Länder verteilt. Die Kommission sieht darin eine Chance, weltweit eine nachhaltige Energieversorgung voranzubringen.

(1980) Auch im Bereich der öffentlich geförderten Forschung haben sich sowohl in Europa als auch weltweit Forschungsnetzwerke[133] zu den interessanten Themen mit zumeist hoher fachlicher Kompetenz gebildet, die es entsprechend zu nutzen gilt.

(1981) Es gibt bereits viele Beispiele, wie Energieforschung und Entwicklung in internationaler Kooperation, aber auch in Konkurrenz um die Patentrechte und first-mover-advantages im Sinne der Nachhaltigkeit produktiv werden könnten. Als Beispiele für Kooperation gelten: z. B. Brennstoffzelle, Kfz-Entwicklung, Biotechnologie (teilweise), CO_2-Abtrennung, Nanotechnologie. Als Beispiele für Konkurrenz gelten: z. B. Photovoltaik (insb. Zellentwicklung), Elektronikbereich (Computer-/Chipentwicklung), Biotechnologie (insb. Arzneimittel- und Saatgutsektor).

(1982) Die Kommission ist der Auffassung, dass viele organisatorische und institutionelle Potenziale bestehen, die zur Optimierung des Nachhaltigkeitsanliegens genutzt werden können. So wie beispielsweise die EU im 6. Rahmenprogramm bestimmte „Themen“ unterstützt, könnte eine Neuausrichtung und teilweise Neuorganisation unter dem Aspekt „Nachhaltigkeit“ angegangen werden. Dazu gehört neben der Integration von Nachhaltigkeits-Aspekten in alle Forschungsbereiche auch die Einbeziehung transdisziplinärer Forschungsansätze, die Nutzung sozialwissenschaftlicher, sozialökonomischer und sozial-ökologischer Forschungsansätze sowie die Erschließung der spezifischen Forschungspotenziale in der ganzen Breite der Forschungslandschaft.[134] Statt Abschottung und konkurrierender Forschung/Doppelforschung könnten angesichts begrenzter nationalstaatlicher Mittel wichtige Forschungsfelder einer nachhaltigen Energieversorgung optimiert werden.

(1983) Unter den Bedingungen der Globalisierung und angesichts der Möglichkeiten modular und dezentral einsetzbarer Technologien ist die Akteursstruktur für eine nachhaltig-zukunftsfähige Energieversorgung wesentlich vielfältiger als früher und kann durch neue Kooperationsstrukturen wesentlich effektiver bei der Verbreitung nachhaltiger, innovativer Technologien sein. Die Kommunikation per Internet schafft die Möglichkeit für den Aufbau von Netzwerken, die in ihrem Aktionsradius von der lokalen bis zur globalen Ebene reichen und fachlich unterschiedlich breit angelegt sein können. Bei der Forschung, marktnahen Entwicklung und insbesondere in der Verbreitungsphase kann ein Internet-basiertes Netzwerk von Instituten, Organisationen und Unternehmen von großer räumlicher Ausdehnung erhebliche Synergien erschließen. Dies stellt eine wesentliche neue Chance dar. Dabei wird insbesondere darauf zu achten sein, dass die Einrichtungen der Entwicklungsländer angemessen beteiligt werden. Zumindest in den Hauptstädten gibt es fast überall geeignete Ausbildungsstätten, Institute oder gar Universitäten, die damit in das Wissenschafts- bzw. Anwendersystem eingebunden werden und einen schnellen Zugriff auf aktuelles Know-how bekommen können.[135] Die Elektrifizierung ländlicher Räume wiederum ist Voraussetzung für die Teilhabe an solchen Informations- und Austauschprozessen auch in entlegeneren Regionen; die Verknüpfung verschiedener Entwicklungsstränge wird hier in besonderer Weise deutlich.

6.3.4.4.2 Orientierung von privaten Forschungsaktivitäten auf Nachhaltigkeitsziele

(1984) Eine gesellschaftliche Akzeptanz des Nachhaltigkeitsgedankens und eine Ausrichtung der Politik in vielen Feldern auf ein nachhaltig-zukunftsfähiges Zielsystem ist auf die Ausrichtung der Forschungstätigkeit von privaten Forschungseinrichtungen und insb. der Industrieforschung von entscheidender Bedeutung. Die Industrieforschung muss sich der Herausforderung stellen, die Anstrengungen im Bereich der Energie- und Materialeffizienz, der Produkt- und Verfahrensinnovationen und damit verbunden auch in mehreren Teiltechnologien der erneuerbaren Energien deutlich zu verstärken und damit einen Beitrag für eine nachhaltige Entwicklung zu leisten. Dies gilt insbesondere dort, wo der Anteil von Grundlagenforschung relativ gering ist und eine wirtschaftliche Verwertung der Innovationen in einem akzeptablen Zeitrahmen erfolgen kann.

---

[133] Wer sich an einem solchen Netzwerk als Forschungsinstitut beteiligt, wird gegenwärtig nicht nur im „freien Wettbewerb“, sondern auch nach bereits etablierter Stärke und Einfluss entschieden. Hier ergibt sich allerdings das Problem des Zugangs für neue innovative Forschungsinstitute sowie für finanziell schwach ausgestattete Institute aus der Dritten Welt: Sie können meist diesen Ansprüchen der großen internationalen Forschungsnetze nicht genügen, weil ihnen sowohl „man power“ als auch „cash money“ fehlen.

[134] Vergleiche Ökoforum (2001).

[135] Vergleiche Christensen (2001).

Abbildung 6-9

Die Möglichkeiten von fachlicher Interdisziplinarität und geografischen Aktionsräumen

/ach iche Dimen i n

ge gra/i cher - *i n raum

in*er. i +i9 inär

*em; bergrei/en.

*em rien*ier*

*echn gie; bergrei/en.

*echn gie-
9e+i/i ch

in*erna*i na e Ebene

eur 9äi che Ebene

na*i na e Ebene

regi na e Ebene

a e Ebene

+3 =Eän. er-
9r gramme
+ur
3 i ma e-
/2r. erung

+3 =- *ivi*ä*en v n E a e
- gen. a-, ru99en

+3 =Pr Je *e . e F r chung verbun.) nnenenergie

+3 =Pr Je *e . e UNEP-
Ne*+Cer

I

(1985) Bei einigen Stiftungen hat der Gedanke der Nachhaltigkeit im Stiftungszweck oder in der Programmstruktur bereits Eingang gefunden. In einigen Fällen waren es private Stiftungen, die dem Suchprozess von nachhaltiger Entwicklung (Methoden, Verfahren, Prozesse, Indikatoren, Belastungsgrenzen) wichtige Impulse gegeben haben. Auch die Förderung der Forschung und Entwicklung durch (private) Stiftungen kann nach Auffassung der Kommission durch eine gesellschaftliche Akzeptanz des Leitbildes Nachhaltigkeit und eine transparente Bewertung von Technologielinien durch Indikatoren einen wichtigen Beitrag zu einer beschleunigten Entwicklung in Richtung auf eine nachhaltige Energieversorgung beitragen.

6.3.4.4.3 Öffentliche Forschungshaushalte: Bund und Länder

(1986) Bundestag und Länderparlamente gestalten über die Haushalte die Förderung von Forschung und Entwicklung (Programme des BMBF, des BMWi, des BMVBW, des BML, des BMU, Länderprogramme). Entsprechend haben die öffentlichen Hände entscheidenden Einfluss auf die Durchführung und Finanzierung von Forschungsvorhaben, die dem Ziel einer nachhaltigen Energieversorgung dienen. Im Bereich der durch den Bund geförderten Energieforschung hat die Nachhaltigkeitsdebatte zu ersten Ansätzen in Form von spezifischen Programmen, Verbund- und Leitprojekten geführt. Auch die im Rahmen des ZIP-Programms gestarteten Forschungsvorhaben sind interdisziplinär angelegt.

(1987) Die Kommission sieht allerdings auch, dass eine Bewertung der einzelnen technologischen Forschungslinien im Energiebereich nach Nachhaltigkeitsgesichtspunkten bisher nur sehr eingeschränkt stattgefunden hat. Auf der Ebene der Mittelzuweisungen hat sich bisher kein erkennbares „Nachhaltigkeitsprofil“ herausgebildet.

(1988) Deshalb hält die Kommission es für erforderlich, den Prozess einer inhaltlichen Neuausrichtung der Energieforschung auf nachhaltig-zukunftsfähige Technologien sowohl im nationalen wie insbesondere im europäischen Rahmen zu intensivieren. Die Ausweitung und interdisziplinäre Erweiterung der Programme und von Netzwerken sollte vorangetrieben und – soweit sinnvoll – auch internationalisiert werden.

(1989) Der gesellschafts- und energiepolitische Paradigmenwechsel zur nachhaltigen Entwicklung kann nach Auffassung der Kommission nur Erfolg haben, wenn eine verstärkte parlamentarische Kontrolle diesen Prozess begleitet. Dies gilt gleichermaßen für den nationalen wie den europäischen Rahmen.

(1990) Die Kommission hält es für wichtig, dass die grundgesetzlich garantierte Freiheit von Forschung und Lehre nicht angetastet wird. Allerdings darf die Berufung darauf nicht als Schutzschild genutzt werden, um eine Evaluation im Hinblick auf die Relevanz für eine nachhaltige Entwicklung und auf die gesellschaftliche Verantwortlichkeit der Forschung abzuwehren.

(1991) Die Energieforschung in Deutschland und Europa sollte sich künftig an dem Ziel der Entwicklung eines

nachhaltigen Energiesystem orientieren. In diesem Zusammenhang tritt die Kommission auch dafür ein, die Zuständigkeit für die Energieforschung mit dem Schwerpunkt Nachhaltigkeit auf ein Ministerium zu konzentrieren. Die Interdisziplinarität ist im Projekt gegeben, nicht im Umstand, ob das Forschungsthema von ein oder zwei Ministerien begleitet wird. Auch hier könnte eine Netzwerkstruktur einen kooperativen Arbeitsstil erleichtern.

(1992) Die neue Aufgabe einer nachhaltigen Energieforschung sollte von diesem Ministerium im Zusammenspiel mit dem Parlament und den Selbstverwaltungsgremien der Wissenschaft (Wissenschaftsrat; DFG; MPG etc.) bald in Angriff genommen und nach Kriterien der Nachhaltigkeit neu strukturiert werden. Das bereits erwähnte DTO-Programm und Beispiele aus Deutschland bieten Hilfestellung zur Weiterentwicklung der Methoden und Verfahren, um nichtstaatliche Akteure in diese Prozesse einzubinden.

(1993) Die Kommission unterstützt den Wissenschaftsrat in seinen „Thesen zur künftigen Entwicklung des Wissenschaftssystems in Deutschland“,[136] in denen u. a. als Anregung formuliert wird:

– besseren Abstimmung von Forschungsprogrammen zwischen Bund und Ländern,
– Stärkung der anwendungsbezogenen Programmförderung unter Wettbewerbsgesichtspunkten durch Ausschreibungen auch im Bereich der Großforschungseinrichtungen,
– Aktivierung von Synergiepotenzialen und damit die Erhöhung der Effizienz des Wissenschaftssystems durch eine Öffnung der Strukturen, auch in den internationalen Bereich hinein sowie
– Ausrichtung der Förderung auf Programme, die sich an gesellschaftlich wichtigen Problemen und weniger an einzelnen Verfahren und Instrumenten orientieren.

6.3.4.4.4 Öffentliche Forschungshaushalte: Europäische Union

(1994) Die Kommission begrüßt, dass die Europäische Union sich selbst in einer Nachhaltigkeitsstrategie Ziele gesetzt hat. Die bisherigen Programmstrukturen und Mittelverwendungen beziehen allerdings Aspekte der Nachhaltigkeit nicht ausreichend und meistens nur eindimensional ein. Dabei spielen Umweltaspekte, Strukturaspekte (Strukturfonds) oder andere politische Überlegungen (Programme für MOE-Staaten, Mittelmeer-Programm) jeweils alleine ein dominante Rolle. Zu einer Integration der Dimensionen Ökologie, Ökonomie und Soziales kommt es relativ selten. Zumeist stehen noch rein wirtschaftliche Interessen im Vordergrund.

(1995) Vor diesem Hintergrund hält die Kommission es für unverzichtbar, dass parlamentarische Kontrolle und Einfluss auch im europäischen Kontext sichergestellt werden. Es ist nicht hinnehmbar, dass ein so finanzstarkes Programm wie EURATOM (im 6. Rahmenprogramm sind dafür 940 Mio. € vorgesehen, davon 750 Mio. für die Fusionsforschung) völlig unbeeinflusst von der gesellschaftspolitischen Debatte weitergeführt wird wie seit fünfzig Jahren. Politisch konsequent ist daher, dass Programme wie EURATOM unter die parlamentarische Kontrolle des Europaparlaments gestellt werden müssen.[137]

Kasten 6-7

Kernfusionsforschung

Die Enquete-Kommission hat sich als Teilnehmerin einer Anhörung des Ausschusses für Bildung, Forschung und Technologie mit dem Thema Kernfusion befasst. Die zentralen Aussagen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

– Die Kernfusion wird in den nächsten 50 Jahren keinen Beitrag zur Lösung der Klimaproblematik leisten können.
– Die radioaktiven Abfallmengen von Fusionsreaktoren liegen quantitativ in einer ähnlichen Größenordnung wie bei Spaltreaktoren, qualitativ erscheint wegen des größeren Anteils von Abfallmengen mit geringerer Radiotoxizität, erheblich kürzerer Abklingzeiten (Größenordnung 100 Jahre) sowie potenzieller Recyclierbarkeit des Materials eine gewisse Minderung des Risikos und des Aufwandes für eine Endlagerung möglich. Es bleibt aber darauf hinzuweisen, dass trotzdem eine Reihe von Radionukleiden gebildet werden, die sehr lange Halbwertszeiten (> 10 0000 Jahre) haben. Dies ist in der Quantität abhängig von verwendeten Materialen und deren Verunreinigungen (im ppm-Bereich und darunter). Qualitativ ist aber klar, dass ein Endlager diese Stoffe über ähnlich lange Zeiträume sicher einschließen muss wie Abfälle aus Kernkraftwerken.

[136] Wissenschaftsrat (2000).

[137] Bei der Aufstellung des 6. EU-Forschungsrahmenprogramms zeigte sich erneut, dass der Einfluss des Europaparlaments dringend nötig ist – Vergleiche auch die Diskussion um die Kompetenz der EU im Energiebereich in Kapitel 3 und 6.3 dieses Berichts.

noch Kasten 6-7

- Infolge des völlig anderen physikalischen Prozesses ist eine Kettenreaktion mit entsprechenden katastrophalen Folgen wie bei Kernspaltungsreaktoren nicht möglich, das radioaktive Inventar ist wesentlich geringer; Gefährdungen können von der Freisetzung von Tritium (einem der Brennstoffe), Aktivierungsprodukten der Neutronenstrahlung sowie Beryllium ausgehen.
- Bei den Brennstoffen (Deuterium und Tritium) liegt die Reichweite bei mehreren Millionen Jahren.
- Der zugrundeliegende physikalische Prozess ist prinzipiell bekannt; viele physikalische Einzelaspekte sind allerdings nur experimentell untersucht, nicht jedoch theoretisch verstanden. Eine große Zahl technologischer Fragen sind noch völlig ungelöst und es ist auch nicht abschätzbar, ob sie lösbar sein werden (v. a. Materialfragen). Das Problem der Verunreinigung des Blankets und der Depositionseffekte auf der „Ersten Wand“ stellen noch zentrale Hindernisse dar.
- Die Planungen für die weitere Entwicklung der Reaktortechnologie folgen einem Stufenkonzept: Im Forschungsreaktor ITER (ca. 2014) mit Kraftwerksdimensionen soll die wissenschaftliche und technologische Machbarkeit erwiesen werden, ein erster Prototyp für einen kommerziellen Reaktor (DEMO) könnte dann ca. 2036 errichtet sein und ab 2050 erste kommerzielle Reaktoren zur Verfügung stehen. Eine Verschiebung aller Termine auf der Zeitachse ist prinzipiell möglich – und nach den bisherigen Erfahrungen durchaus nicht unwahrscheinlich.
- Die Forschungsaufwendungen der EU und der beteiligten EU-Staaten betragen gegenwärtig ca. 500 Mio. € **pro** Jahr und werden nach den aktuellen Planungen auch weiterhin in dieser Höhe benötigt,[138] dazu kommen die Kosten für den ITER (ca. 4 Mrd. €) und DEMO (kein Wert bekannt – vermutlich ca. 5 bis 10 Mrd. €). Daraus ergeben sich von heute bis 2050 kumulierte Kosten von mehr als 35 Mrd. €, bis ein erster kommerzieller Reaktor gebaut werden könnte.[139]
- Die Stromgestehungskosten werden nach heutigem Kenntnisstand auf ca. 7,5 Ct./kWh geschätzt, angesichts des Zeithorizonts und der noch zu lösenden Probleme ist dieser Wert mit großen Ungewissheiten verbunden.
- Die Energierücklaufzeit ergibt sich nach ersten Studien zu ca. 0,5 Jahren.

Bewertend möchte die Enquete-Kommission deutlich machen, dass sie

- eine „vernünftige“ Relation zwischen Mitteleinsatz (> 35 Mrd. €) und ökonomischem Nutzen (kWh-Kosten> 7,5 Ct.) auf dem Hintergrund der vielen ungeklärten physikalischen und technologischen Fragen nicht erkennen kann.

  Angesichts der Mittelkonkurrenz erscheint es sinnvoller, die Forschungsanstrengungen auf diejenigen Technologiefelder zu fokussieren, die einen signifikanten Beitrag zur Lösung des Klimaproblems und der Reichweitenbegrenztheit der fossilen Energien leisten können.
- die Stromgestehungskosten für so hoch hält, dass alle heute bekannten Technologien im REG/REN-Bereich im Jahr 2050 mindestens das gleiche, wahrscheinlich aber überwiegend ein niedrigeres Niveau erreicht haben werden. Unter Berücksichtigung des zentralen Charakters der Fusionsreaktoren (es fallen zusätzlich Energieverteilungskosten an) gilt dies sogar für die Photovoltaik.
- auf dem Hintergrund der bisherigen Erfahrungen Zweifel an den genannten Zeitpunkten (und damit auch an den Kostenschätzungen) nicht ausgeräumt werden können.
- erhebliche Risiken bei der Finanzierung für kommerzielle Reaktoren auf dem Hintergrund der geschätzten Stromgestehungskosten **auf liberalisierten Märkten** sieht. Angesichts der Dimension der Forschungsaufwendungen aus öffentlichen Haushalten bis zur Entscheidung für einen kommerziellen Reaktor wäre eine Risikostreuung durch eine entsprechende Beteiligung der interessierten Wirtschaftszweige zwingend erforderlich.
- in dem anfallenden Müll (u. a. tritiiertes Wasser) eine Verletzung von Nachhaltigkeitsregeln sieht. Bei ähnlicher Quantität ist die im Vergleich zu Kernspaltungsreaktoren kurze Abklingzeit von 100 Jahren für einen Teil der

[138] Vergleiche Samm (2001).

[139] In diesem Wert sind die bisherigen (erheblichen) Aufwendungen für die Fusionsforschung noch nicht enthalten.

noch Kasten 6-7

Abfälle nur ein relativer Vorteil, sie belastet aber dennoch 4 Generationen, unbeschadet dessen müssen sehr langlebige Radionukleide über ähnliche Zeiträume endgelagert werden wie Abfälle aus heutigen Kernkraftwerken. Gemessen an anderen Optionen, insbesondere im REG/REN-Bereich, ist dies mit Nachhaltigkeitsprinzipien weit weniger vereinbar.

– angesichts der Größe der Anlagen und dem dafür erforderlichen Materialeinsatz (Speziallegierungen, Beton, radiotoxische Stoffe in geringerem Umfang) keinen Beitrag zu einer nachhaltigen Energieversorgung sieht.
– zwar anerkennt, dass die Entscheidungen für die einzelnen Realisierungsschritte prinzipiell stufenweise angelegt sind, dass aber eine positive Entscheidung zum jetzigen Zeitpunkt **faktisch** nachfolgende Generationen erheblich bindet. Eine Negativentscheidung zu einem späteren Zeitpunkt bedeutet den Verlust erheblicher finanzieller Mittel.
– dem Bundestag empfiehlt, das Engagement Deutschlands in der Forschungsförderung und Projektbeteiligung im nationalen wie internationalen Kontext der Fusionsforschung – soweit es die vertraglichen Regelungen zulassen – stetig abzubauen. Für Deutschland folgt daraus eine mittelfristige Umorientierung der betroffenen Forschungseinrichtungen auf Projekte mit **eindeutig** nachhaltigem Profil.

(1996) Die Forschung im Bereich der Kernspaltung ist nach dem Beschluss zur geordneten Beendigung der Kernenergienutzung vom 11. Juni 2001 entsprechend den verbleibenden Erfordernissen auszugestalten: Sicherheitsforschung, Endlagerforschung und Entsorgungsforschung müssen für die Restlaufzeit der Kernkraftwerke und deren Rückbau und Entsorgung im notwendigen Ausmaß erhalten bleiben. Eine kritische Evaluierung zum notwendigen Umfang dieser Forschung wird von der Kommission empfohlen.

(1997) Die Kommission macht ausdrücklich darauf aufmerksam, dass neben nationalen auch europäische Forschungsthemen zunehmend an Bedeutung gewinnen werden, aus denen sich dann subsidiäre nationale Schwerpunkte ableiten lassen. Daher bedürfen das Zusammenwirken und die Ausgestaltung der europäischen Forschungs- und Demonstrationsprogramme mit den nationalen Programmen einer Überprüfung und Neujustierung unter der Zielsetzung einer Forschung für eine nachhaltige Energieversorgung.

6.3.4.4.5 Gesetzgebung

(1998) Angesichts begrenzter staatlicher Mittel muss nach Ansicht der Kommission in der Forschungsförderung langfristig eine auf Nachhaltigkeitsziele angelegte staatliche Rahmengesetzgebung mit Vorrang vorangetrieben werden.

(1999) Die Kommission ist der Überzeugung, dass zukunftsweisende staatliche Gesetzgebung in der Regel als Innovationsmotor wirkt. Mit der Festlegung z. B. von (neuen) Ziel- und Grenzwerten können Verfahrens- oder Produktinnovationen ausgelöst werden. Ein besonders interessantes Beispiel aus den USA, der Californian Clean Air Act von 1996, belegt, wie konzernübergreifende Aktivitäten zur Brennstoffzellen-Forschung durch mehrere große Pkw-Hersteller befördert wurden.[140]

[140] F. Panik – Vortrag aus Anlass der Präsentation des NECAR 5 am 7. November 2000 in Berlin.

6.3.4.4.6 Innovationsförder- und Markteinführungsprogramme

(2000) Umweltgesichtspunkte spielen seit längerer Zeit eine wichtige Rolle in fast allen Innovationsförderprogrammen. Diese Programme bilden ein wichtiges Element, um Innovationen auch im Sinne von Nachhaltigkeit schneller für den Nutzer wirksam werden zu lassen. Aktuelle Studien zeigen, dass in kleinen und mittleren Unternehmen ein beachtliches Innovationspotenzial für energierelevante Produkte und Verfahren existiert. Seine bisher unzureichende Ausnutzung ist u. a. darauf zurückzuführen, dass KMU bislang an solchen Programmen unzureichend partizpieren. Daher sollten sie verstärkt fortgeführt werden, auch wenn ein Abbau der Vielfalt den Akteuren einen leichteren Zu- und Umgang damit und eine klarere Ausrichtung auf Nachhaltigkeitsziele einen höheren Beitrag zur Zielerreichung ermöglichen würden.

6.3.4.4.7 Experimentierfonds: BRAIN-POOL für Nachhaltige Entwicklung

(2001) Um die Innovationskraft insgesamt zu stärken, könnte es sinnvoll sein, „gute Ideen“ mehr als bisher auf ihren Beitrag zu einer nachhaltigen Entwicklung auch im Energiebereich zu untersuchen und zu fördern. Junge Akademiker, erfahrene Handwerker, Erfinder etc. scheitern oft zur Weiterentwicklung ihrer Idee an der Finanzierung. Sehr oft geht es dabei zunächst nur um wenige tausend Euro.

(2002) Für die Kommission erscheint daher geboten, im Bereich Energie einen speziellen F&E-Nachhaltigkeitsfonds einzurichten. Dieser Pool sollte das Herausfiltern und die raschere Umsetzung interessanter Ideen – gerade auch von außerhalb des klassischen Wissenschaftsbetriebs – durch Evaluation und „Grounding“ (geringfügige Weiterentwicklung, vertrauliche Diskussion der Idee mit kompetenten Wissenschaftlern, Schutz der Idee, Präzisierung) ermöglichen.

(2003) Zusätzlich könnte er einen Stellenpool für besonders interessante Ideen und (junge) Wissenschaftler beinhalten. Nach einem Auswahlverfahren können sie nach dem „Rucksackprinzip“ mit „ihrer“ Stelle für eine festgelegte Zeit an ein Institut ihrer Wahl, um die Idee weiterzuentwickeln, bis sie – bei Erfolg – in die gängigen Forschungsprogramme „passt“.

(2004) Der Kommission erscheint es sinnvoll, über eine Vermittlungsbörse oder über die Förderung nationaler und internationaler Wettbewerbe mit Signalwirkung Erfinder und Investoren zusammenzuführen. Erfahrungen mit Wettbewerben zeigen auch, dass gute Projekt- und Geschäftsideen deshalb quasi „auf Halde“ liegen, weil Forscher und Erfinder zur kommerziellen Umsetzung und Markteinführung eine einschlägige Beratung sowie Förder- und Finanzierungsangebote brauchen.[141]

6.3.4.4.8 Patentrechtepool für nachhaltige Technologien

(2005) Die Kommission macht auf die zunehmende Debatte um die „Intellectual Property Rights“ aufmerksam. Sie hält es für dringend erforderlich, sich an dieser Auseinandersetzung konstruktiv zu beteiligen. Nach ihrer Ansicht kommt einer produktiven Klärung dieser Fragen angesichts nicht unerheblicher Mittelaufwendungen für Forschungszwecke wachsende Bedeutung zu. Eine ausschließliche Kommerzialisierung kann für eine nachhaltige Energieversorgung ein Hemmnis von besonderer Qualität sein. Deshalb hatte EUROSOALR bereits 1991 einen sog. „Solar Proliferation Treaty“ als Alternative zum Non-Proliferation-Treaty im Nuklearbereich vorgeschlagen, um die weltweite nichtkommerzielle Verbreitung solarer Technologien zu erleichtern. Ein gemeinnützig angelegter Pool mit weltweiten Patentrechten, die aus öffentlich geförderter Nachhaltigkeitsforschung entstanden sind, könnte einen Beitrag zur Verbreitung von nachhaltigen Innovationen leisten.

6.3.4.5 Schwerpunkte der Forschung für eine nachhaltige Energieversorgung

6.3.4.5.1 Vorbemerkung

(2006) Eine detaillierte Beschreibung von Forschungsaktivitäten für eine nachhaltige Energieversorgung würde den Rahmen dieses Berichts sprengen; darüber hinaus ist eine hinreichend genaue Beschreibung der Entwicklung von Technologielinien über einen Zeithorizont von 10 bis 15 Jahren kaum möglich. Daher sind die folgenden Ausführungen ohne Anspruch auf Vollständigkeit als indikative Ansatzpunkte zu verstehen.

(2007) In den Szenarien der Enquete-Kommission[142] werden Entwicklungspfade für eine nachhaltig-zukunftsfähige Entwicklung des Energiebereichs für Deutschland beschrieben. Trotz teilweise sehr unterschiedlicher Technologie- und Primärenergiepfade weisen diese Szenarien eine wesentliche Gemeinsamkeit auf. In allen Sektoren werden die stärkere Nutzung erneuerbarer Energien und forcierte Effizienzsteigerungen (einschl. Energieeinsparungen) realisiert. Insbesondere bei den REGs sind in den Szenarien Kostendegressionen (auf der Grundlage von Lernkurven) angenommen worden, zu deren Erreichung Forschung und Entwicklung noch erhebliche Beiträge liefern müssen. Bei den Effizienztechnologien hat die Kommission in ihren Vorgaben bewusst auch die Nachfrageseite einbezogen, auf der durch Forschung noch große Potenziale erschließbar sind.

(2008) Die Kommission weist darauf hin, dass wichtige Technologiebereiche, die mit Energietechnik zunächst anscheinend nichts zu tun haben, wie Mikrosystemtechnik, Nanotechnologie, Bionik etc. voraussichtlich wesentlich dazu beitragen können, dass große Kostendegressionen erreicht werden können. Sie empfiehlt, interdisziplinäre Ansätze in diesem Bereich zu initiieren und zu fördern.

(2009) Die sozialökologische Begleitforschung wird sowohl für die Richtung der Technologieentwicklung, die soziale Akzeptanz der Innovationen als auch für die Umsetzung der Forschungsergebnisse in den Markt wichtige Beiträge liefern können.

6.3.4.5.2 Forschung für ein effizienteres Energiesystem

(2010) Mit den im Referenzszenario der Kommission dargelegten Effizienzsteigerungsraten von jährlich etwa 1,6 bis 1,9 %[143] ist das Klimaschutzziel (minus 80 % CO_2 bis 2050) nicht zu erreichen. Zentraler Gegenstand der Forschung muss daher die gesamte Bandbreite von Effizienzsteigerungen sein. Die Kommission weist darauf hin, dass die Forschungsprogramme verstärkt diejenigen Potenziale gezielt ins Visier nehmen müssen, die nur durch Querschnittstechniken und/oder auf der Nachfrageseite erschlossen werden können. Der Bereich der Industrieforschung muss sich stärker als bisher dem Thema „Effizienzsteigerung“ und Markttransformation widmen: In allen Gliedern der industriellen Prozessketten muss die Effizienz wesentlich erhöht werden. Zur Erreichung der Nachhaltigkeitsziele wird eine um mindestens etwa 1 % höhere Effizienzsteigerung im gesamten Energiesystem pro Jahr benötigt.

6.3.4.5.3 Energiewandlung und -nutzung

(2011) Die Kommission hält es für zwingend erforderlich, die rationelle Energieumwandlung und -nutzung schneller als bisher voranzubringen, weil sie hier bereits kurzfristig große und wirtschaftliche Reduktionseffekte erwartet.[144] Wie mehrfach betont, sind dazu verstärkte und neuausgerichtete Aktivitäten in Forschung und Entwicklung unerlässlich, die neben der Angebotsseite gleichrangig die Nachfrageseite umfassen müssen. Hier ist die Stromeffizienz ein

[141] Vergleiche hierzu z. B. Hennicke/von Weizsäcker (2002).

[142] Vergleiche Kapitel 5.

[143] Vergleiche Kapitel 4.2.

[144] Potenzialstudie.

besonderer Schwerpunkt, z. B. bei Elektromotoren, Kälte- und Wärmebereitstellung, Beleuchtung, Systemwechsel, innovativen Konzepten etc. Dabei geht es neben F&E-Aktivitäten für neue Techniken und Systemlösungen auch darum, die Umsetzungsforschung auf die Frage zu konzentrieren, wie die Marktdiffusion heute bereits existierender marktbester Techniken beschleunigt werden kann.

6.3.4.5.4 Materialforschung und Materialeffizienz

(2012) Materialforschung ist eine Schlüsselkategorie der Energieforschung. Im Bereich der Materialforschung (als Grundlagenforschung) ist es aus Kostengründen notwendig, sowohl national (Max-Planck-Institute und Universitäten) als auch international neue Forschungsallianzen zu schmieden. Grundlagenforschung wird auch in bereits bestehenden Technologien (z. B. Photovoltaik) noch für längere Zeit notwendig sein, bevor sich die Kosten drastisch reduzieren lassen.[145]

(2013) Die Entwicklung völlig neuer Materialien und Technologien (z. B. Dünnschichtzellen, biologische Solarzellen als Meterware) eröffnet die Chance, enorme Material- und Energieeinsparungsmöglichkeiten freizulegen und gleichzeitig ein an Nachhaltigkeitskriterien orientiertes Stoffstrommanagment zu realisieren.

(2014) Die Kommission hält in diesem Zusammenhang die Grenzflächen zwischen den naturwissenschaftlichen Disziplinen (z. B. biologische Solarzelle) für besonders interessant. Diese Forschungsgebiete können nur durch Interdisziplinarität erschlossen werden. Dies gilt auch für die Weiterentwicklung und den gezielten Einsatz der Nanotechnologie, z. B. bei Membranen oder im Bereich der erneuerbaren Energien, der es ermöglicht, den Material- und Energiebedarf bei Herstellung von technischen Komponenten wie im Betrieb enorm zu senken.

(2015) Die in Kapitel 4.3.8 beschriebenen Potenziale im Bereich der Materialeffizienz geben Anhaltspunkte für den Forschungsbedarf. Die Hauptziele sind:

- Materialeinsparung bei gleichem Nutzen,
- mittel- und langfristige Materialsubstitution bis hin zu solaren Materialien (Bionik) sowie
- Energieeinsparung bei der Herstellung (einschl. Verfahrenstechnik).

6.3.4.5.5 Systemeffizienz

(2016) Im Bereich der Systemoptimierung stecken noch erhebliche Potenziale. Oft genug wird auch heute noch nur auf den Wirkungsgrad eines einzelnen Kettengliedes abgehoben. In dieser Hinsicht geht es einerseits um die Entwicklung von Software-Tools, um Systembetrachtungen (einerseits Analyse, andererseits Planung) in Bezug auf unterschiedlichste Systeme rationell durchführen zu können. Je nach betrachtetem System und dessen Komplexität kann es sich um wissenschaftliche Software oder Anwendungssoftware für Planer und Ingenieure handeln. Die Erweiterung bestehender Software um Auswertungsaspekte von Nachhaltigkeitsindikatoren könnte ein Hilfsmittel bei komplexen Entscheidungen darstellen.

(2017) Die Weiterentwicklung spezifischer Software zur Modellierung komplexer Systeme ist weiterhin von großer Bedeutung. Die Aufgabe, den Prozess zu nachhaltigeren Energiesystemstrukturen flexibel abzubilden und Systemreaktionen zu untersuchen, sei nur als ein Beispiel genannt.

(2018) Andererseits ist die schlüsselfertige Bereitstellung und Optimierung von energieerzeugenden und -verbrauchenden Hardware-Systemen in vielen Teilbereichen der Energietechnik gerade auch für Exportmärkte (u. a. Inselsysteme) von großer Bedeutung.

6.3.4.5.6 Produkt- und Verfahrensinnovationen

(2019) Durch die Studien der Kommission wurde deutlich, dass viele Herstellungsprozesse industrieller Güter (bis hin zu Lebensmitteln) noch erhebliche Effizienzpotenziale enthalten, sei es im Bereich der eingesetzten Energiemengen bzw. der Energiequalität oder der auftretenden Stoffströme. Forschungen zur Ökobilanz von Produkten und Verfahren sind Voraussetzung zur Berücksichtigung dieser Erkenntnisse bereits beim Design von Produkten und Anlagen und als Ansatzpunkt für die Veränderung der Verfahren. Life-Cycle-Analysen bieten noch eine Fülle anwendernaher Forschungsthemen, die es zu verstärken gilt.

(2020) In Kapitel 4.3.5 wurden der Entwicklungsstand von fortgeschrittenen Kohlekraftwerkstechnologien (sog. „Clean Coal"-Technologie) und die Verfahren zur CO_2-Sequestrierung dargestellt. Auf diesem Hintergrund stellt die Kommission fest:

- Als Maßnahme zur Erhöhung der Kraftwerkswirkungsgrade sind effiziente Kohletechnologien ein begrenzter, aber positiver Beitrag zu einem nachhaltigeren Energiesystem;
- die Abtrennung von CO_2 wird für das deutsche Energiesystem nur einen sehr begrenzten Beitrag zur Minderung der CO_2-Emissionen liefern können und
- für die deutsche Industrie ist eine technologische Spitzenstellung möglich.

(2021) Daher spricht sich die Kommission dafür aus, die Forschung zu diesem Themenbereich unter folgenden Bedingungen zielgerichtet stärker zu fördern:

- zeitlich befristeter Rahmen (Projektorientierung),
- internationale Kooperation und
- signifikante Beteiligung von Unternehmen der entsprechenden Branchen (Kohlebergbau, Anlagenbau etc.).

(2022) Ziel der Forschung müssen eine kostenoptimale Bereitstellung dieser Kraftwerkstechnik und eine signifikante Rolle des deutschen Anlagenbaus im internationalen Wettbewerb sein.

---

[145] Eisenbeiß – Vortrag vor der Arbeitsgruppe Forschung der SPD-Bundestagsfraktion.

6.3.4.5.7 Technologien der erneuerbaren Energien

(2023) Bei allen Technologien der erneuerbaren Energien sieht die Kommission weiterhin erheblichen Forschungsbedarf, um geringeren Stoffeinsatz, geringere Materialströme, geringeren Energieverbrauch in der Herstellung, bessere Energieausbeute sowie Kostensenkungen zu erreichen. Insofern wirken Forschungen im Bereich der Effizienz auch positiv in den Bereich der Erneuerbaren Energien hinein. Oft sind erst energieminimierte Systeme auch technisch-wirtschaftlich sinnvoll mit erneuerbaren Energien zu versorgen. Im Kapitel 4.3.6 sind bereits eine Reihe von Forschungs- und Entwicklungsaufgaben angesprochen worden. Zentrales Ziel ist es, die angenommenen Kostendegressionen zu erreichen, die für jede Technologie durch einen eigenen Mix von Entwicklungsschritten erreichbar sind. Als Schwerpunkte zukünftiger Aktivitäten kann man – ohne Anspruch auf Vollständigkeit – folgende Bereiche nennen:

– Solararchitektur und solare Stadtplanung: Weiterentwicklung der Systemkomponenten (z. B.Tageslichtnutzung, Lüftung und Wärmerückgewinnung, Wärmepumpe, Speicher etc.) in Richtung „Plus-Energiehaus“ sowie der Instrumente solarer/nachhaltiger Stadtentwicklung,

– Windenergie: Unterstützung der Offshore-Fähigkeiten und weiteres Upscaling der Anlagen, Flügeltechnik, Systemlösungen für Inselsysteme, zur Wasserstofferzeugung und für Meerwasserentsalzung/Abwasserbehandlung, Kleinanlagen,

– Solarthermische Kraftwerke: Anlagentechnik: Spiegel, Absorber/Receiver, Hybridisierung, Serienfertigung, Weiterentwicklung Sterling-Motor (Materialforschung),

– Solarthermie: Materialforschung, Montagetechnik für das Solardach, Fertigungstechnik, Speichertechnik (auch für Nahwärmesysteme), Hybridisierung,

– Biomasse: eine konzeptionelle und systematische Forschung und Entwicklung zur Biomasse-/Biogasnutzung sowie für Biotreibstoffe und die verbrauchenden Komponenten besteht nicht. Sie müsste folgende Aspekte umfassen: Verfahrenstechnik zur Biogaserzeugung (einschl. Vergasung von Biomasse), Biogasaufbereitung, Biotreibstoffe, Brennstoffzelle für Biogas, fortschrittliche Kraftwerkstechnik für Biomasse (insb. im Brennstoff-Mix), Forschung für angepasste Motoren unterschiedlicher Größe,

– Geothermie: Weiterentwicklung HDR-Technik: Bohrtechnik, Aufbereitung tiefer Schichten für geothermische Nutzung, Kartierung geothermischer Profile mit hoher Auflösung und Präzision,

– Photovoltaik: breiter, interdisziplinärer Ansatz in der Material- und Zellforschung (bis zur biologischen Solarzelle), Vertiefung der Verfahrenstechnik für automatisierte Produktion, Miniaturisierung der sonstigen Systemkomponenten (v. a Wechselrichter), verstärkte Integration in Bauelemente und elektrisch versorgte Geräte, Hybridisierung. Eine Zielvision der Forschung stellt die sog. „Solarzelle der 3. Generation“[146] dar,[147] die erst kürzlich von Prof. M. Green von der University of New South Wales als Konzept vorgestellt wurde. Der Realisierungshorizont muss allerdings mit 2 bis 3 Jahrzehnten angesetzt werden.

– Meeresenergie: Entwicklung von Systemen zur Nutzung der Gezeiten-,Wellen- und Strömungsenergie,

– Systemforschung: anwendungsorientierte Forschung für modulare Inselsysteme verschiedenster Grössenklassen bei Einsatz unterschiedlichster Energiequellen (Hybridisierung) mit anpassbarer Regelungstechnik (fuzzy logic) in typischen Anwendungsfeldern.

6.3.4.5.8 Speicher

(2024) Die Entwicklung des Energiesystems hin zu mehr Dezentralität und einem höheren Anteil an fluktuierenden erneuerbaren Energien wird neben der Ausgleichsfunktion durch „virtuelle Kraftwerke“ auch die Notwendigkeit für die Verfügbarkeit innovativer Speichertechnologien (thermisch, elektrisch und für Sekundärenergieträger) erhöhen. Auch wenn Biomasse und Geothermie gute Speichereigenschaften aufweisen, der Speicherung von Energie z. B. durch fortgeschrittene Batterietechnik, Supraleitung, Druckluft, Wasserstoff (insb. auch im mobilen Bereich in Verbindung mit Brennstoffzellen) aber auch auf der Wärmeseite (Nahwärmespeicher, Silikatgelspeicher etc.) wird größere Bedeutung zukommen. Insbesondere für Exportmärkte spielt die Speicherung für schlüsselfertige Inselsysteme eine besondere Rolle. Daher fordert die Kommission dazu auf, die F&E-Aktivitäten in diesem Segment zu intensivieren.

6.3.4.5.9 I&K-Technologien (mit Bezug zur Energieforschung)

(2025) Nach Auffassung der Kommission bieten die Möglichkeiten moderner I&K-Technologien und der Elektronik erhebliche Potenziale, Energiebedarf gar nicht erst entstehen zu lassen. Damit können sowohl das Ausmaß von Energiebereitstellung und Reservehaltung im Netz zu vermindert als auch hohe Anteile an fluktuierenden erneuerbaren Energiequellen störungsfrei in das Netz integriert werden. Um diese Möglichkeiten zu erschließen und breit praxistauglich einzuführen, sind weitere gezielte Forschungsanstrengungen nötig.

6.3.4.5.10 Sekundärenergieträger

(2026) Die **Wasserstofftechnologie** sollte mit allen dazugehörigen Komponenten Erzeugung (Elektrolyseur)/ Transport (Betankung)/Verbrauch (Brennstoffzelle) so weiterentwickelt werden, dass der Wirkungsgrad der gesamten Energiekette deutlich über vergleichbaren Energieketten liegt. Dies bedeutet insbesondere erhebliche Wirkungsgradverbesserungen bei Elektrolyseuren und Brennstoffzellen. Der Strategie der Beimischung von Wasserstoff zu

[146] Green (2002).

[147] Vergleiche Kapitel 4.3.6.

anderen Energieträgern ist gegenüber einer eigenständigen Infrastruktur der Vorzug zu geben, ohne die langfristige Option darauf unmöglich zu machen.

Neue/biogene Treibstoffe

(2027) Der Kommission war es nicht möglich, sich vertieft mit dem Forschungsbedarf in der gesamten Bandbreite von **neuen bzw. biogenen Treibstoffen** zu befassen. Die Vielfalt an Möglichkeiten ist groß und es wurde erkennbar, dass durch gezielte Forschung viele Innovationen möglich sind. Wichtig erscheint der Kommission ein integrierter Forschungsansatz, der das ganze System Herstellung, Vertrieb, Speicherung, Verbrauch bis zu den technischen Lösungen auf der Antriebsseite unter ökologischem und wirtschaftlichem Blickwinkel umfasst.

6.3.4.5.11 Sozialwissenschaftliche Forschungsaufgaben im Kontext einer nachhaltigen Energiestrategie („Energiebezogene Nachhaltigkeitsforschung“)

(2028) Die Kommission betont ausdrücklich, dass nur ein mehrdimensionaler wissenschaftlicher Ansatz den ökologischen, sozialen und ökonomischen Determinanten von Nachhaltigkeit gerecht wird und nur durch inter- und transdisziplinäre Forschung realisierbar ist. Die Kommission ist sich bewusst, dass die „Nachhaltigkeitsforschung“ („Sustainablity science“) noch in den Anfängen steckt. Auch die Kriterien einer zur Nachhaltigkeitsforschung komplementären Politik im Sektor Energie müssen noch präzisiert werden.

(2029) In diesem Zusammenhang hat sich die Kommission nicht nur mit primär technisch-ökonomischen Aspekten eines nachhaltigen Energiesystems beschäftigt, sondern auch verhaltensbedingte Potenziale und Fragen der Suffizienz (Lebensstile, Wertewandel) in ihre Analysen mit einbezogen. Wie im Kapitel 4.3.9. ausgeführt wurde, ergeben sich jedoch hierbei noch eine Vielzahl ungeklärter Forschungsfragen. Daher kann in diesem Bericht nur der Versuch gemacht werden, den Blick von der technikkonzentrierten Nachhaltigkeitsforschung in relevante neue Bereiche zu öffnen. Für die Kommission stellt Nachhaltigkeit kein isoliertes Forschungsfeld dar, sondern eine Denkrichtung, die der Wissensproduktion und der Verbindung zwischen den Forschungsfeldern neue Inhalte und Formen vermittelt.[148]

(2030) Der szenariengestützte „Nachweis“ der technisch-wirtschaftlichen Machbarkeit eines nachhaltigen Energiesystems, wie er in Kapitel 5 erbracht wurde, liefert für die Kommission wichtige Denkanstöße und Sachinformationen für die tatsächliche Realisierbarkeit und die gesellschaftliche Akzeptanz einer Nachhaltigkeitsstrategie. Sie ist sich der relativen Aussagefähigkeit quantifizierter Langfristszenarien bewusst. Das ändert nach ihrer Auffassung nichts an der Brauchbarkeit der Analyseergebnisse für die Entscheidungsfindung bei politischen Langfristfragen.

(2031) Die Kommission vertritt ausdrücklich die Auffassung, dass das heute vorherrschende technische Verständnis von Innovation und Effizienz bezüglich seiner sozioökonomischen und gesellschaftlichen Implikationen neu durchdacht werden muss. Die Präzisierung verhaltensbedingter Potenziale, die Analyse ihrer gesellschaftlichen Beeinflussbarkeit, der Zusammenhang von Effizienz und Suffizienz sowie die hieraus ableitbaren Empfehlungen an die Politik und andere gesellschaftlich relevante Gruppen spielen eine entscheidende Rolle.

(2032) Insofern muss die in Deutschland relativ weit entwickelte Form der Politikberatung auf Basis quantifizierter Szenarien durch sozialwissenschaftliche Analysen der Akzeptanz- und Umsetzungsprobleme ergänzt werden. Es ist eine wesentliche Forschungsaufgabe der Zukunft, wie quantifizierte Szenarienanalysen mit den qualitativen Langfristeffekten eines grundlegenden Wertewandels verbunden werden können und ob bzw. wie ggf. gesellschaftliche Trends in Richtung suffizienteren Verhaltens gesteuert werden können.

(2033) Aus diesen Gründen hält es die Kommission für notwendig, **ein integriertes sozialwissenschaftlich-technisches Forschungsprogramm** „Energiebezogene Nachhaltigkeitsforschung“ aufzulegen (s. Kasten 6-8).

6.4 Zum Zusammenspiel der Instrumente: der Policy-Mix

(2034) Zur Umsetzung der verschiedenen Strategieelemente bedarf es eines differenzierten Policy-Mix. Dieser Mix enthält einige Elemente, die für ein nachhaltiges Energiesystem konstituierend sind, aber auch Elemente, die sich im Zeitverlauf ändern bzw. auch abgelöst werden können (s. Abb. 6-10, Seite 500).

(2035) Ausgangspunkt eines zielführenden Instrumentenbündels für die Förderung einer nachhaltigen Energiewirtschaft sind zunächst diejenigen Basisinstrumente, die einen unerlässlichen Rahmen bilden:

– Globale marktwirtschaftliche Instrumente, die durch direkte oder indirekte Internalisierung externer Kosten die Preise und Preisrelationen verändern. Dies sind im wesentlichen Steuer- und Zertifikatslösungen.
– Instrumente der Information und Motivation, die einerseits die gesellschaftliche Akzeptanz und die gesellschaftliche Tragfähigkeit von Nachhaltigkeitsstrategien im Energiebereich sichern, gleichzeitig aber auch Informationsasymmetrien abbauen, Markttransparenz herstellen sowie zur Senkung von Transaktionskosten beitragen sollen.
– Die Innovationsfähigkeit (in Bezug auf technologische, aber auch organisatorische oder soziale Innovation) muss ständig gesichert und ausgeweitet werden. Dafür müssen integrierte Ansätze von Forschung, Ent-

[148] Vergleiche Zahrnt, A.: „Erwartungen an die Forschung aus der Sicht praktischer Nachhaltigkeitspolitik“, Vortrag am 6. Mai 2002 zur Auftaktkonferenz „Zukunft gewinnen – der Beitrag der sozial-ökologischen Forschung“. http://www.nachhaltigkeitsrat.de/service/download/pdf/Vortrag_Zahrnt_06-05-02.pdf .

Kasten 6-8

Forschungsfelder für ein integriertes sozialwissenschaftlich-technisches Forschungsprogramm „Energiebezogene Nachhaltigkeitsforschung“

- Welcher Zusammenhang besteht zwischen der Ordnung der Energiewirtschaft (z. B. Marktformen und Marktbeherrschung), den Techniken (zentral/dezentral), den Partizipationsmöglichkeiten und der sozialen Akzeptanz von REN und REG? Wie kann der parlamentarische Einfluss auf energierelevante Richtungsentscheidungen erhöht werden?
- Welchen konkreten Einfluss hat das sozioökonomische Gefüge auf die individuellen Entscheidungen und gruppenspezifischen Verhaltensweisen in Bezug auf eine nachhaltigere Energienutzung? Inwieweit werden sie beispielsweise eher von einer Politik der Energieeinsparung oder des Energiewachstums stimuliert? Inwieweit werden ressourcenschonende Kauf-, Investitions- und Nutzungsentscheidungen als konkurrierend zu anderen Lebensnotwendigkeiten wahrgenommen?
- Welche außerökonomischen Faktoren beeinflussen das Innovations- und Investitionsverhalten? In welche „Geschichte“ bzw. Netzwerke sind z. B. KMU oder Institutionen eingebettet und welche generellen externen und internen Impulse wirken auf die energiebezogene Inovationsbereitschaft der Unternehmensleitungen und MitarbeiterInnen?
- Gibt es empirisch identifizierbare sozial-kulturelle und gruppen-spezifische Umfelder, in denen sich Suffizienz-Werte (im Gegensatz zu traditionellen Konsummustern) herausbilden und stabilisieren können? Inwieweit sind gesellschaftlich geforderte Suffizienzaspekte „milieukontrovers“? Werden diese nur moralisch gefordert, aber ökonomisch entmutigt oder gar insgeheim belächelt?
- Wie kann das Thema „Nachhaltiges Energiesystem“ so vermittelt werden, dass es als gemeinsame gesellschaftliche Aufgabe mit hoher Priorität verstanden werden kann und in gesellschaftliche Prozesse (z. B. Agenda 21) einbezogen wird?
- Inwiefern kann durch „Bildung für Nachhaltigkeit“ auf allen Ebenen (vom Kindergarten über die Schulen, die Lehre und das Studium) ein gesellschaftlicher Wertewandel und ein „soziales Lernen“ über nachhaltigere Formen des energierelevanten Konsums und der Energiebereitstellung herbeigeführt werden?

wicklung, Demonstration, Markteinführung und Evaluation verfolgt werden.

(2036) Die Formulierung von globalen und Teilzielen bildet ein entscheidendes Verbindungselement zwischen klaren Strategien bzw. Entwicklungszielen und einem möglichst flexiblen Instrumenteneinsatz. Die Formulierung, Evaluierung und Erneuerung von Zielen ist damit ein konstituierendes Element des Policy-Mix.

(2037) Funktionierende Energiemärkte bilden Grundlage und Rahmenbedingung für die Entwicklung eines nachhaltigen Energiesystems. Hierzu muss das gesamte Spektrum der Instrumente zur Schaffung und Absicherung liberalisierter Energiemärkte mit großer Akteursvielfalt Anwendung finden.

(2038) Komplementär dazu sind sektor-, zielgruppen-, hemmnis- und technologiespezifische Instrumente immer dort einzusetzen, wo spezielle Marktunvollkommenheiten und Markthemmnisse adressiert werden, wo globale Instrumente an Grenzen stoßen oder wo die Fristigkeit der Instrumentenwirkung ein wichtiger Parameter ist. Die spezifischen Instrumente sind regelmäßig einem Monitoring-Prozess zu unterwerfen, der insbesondere klären soll, ob die adressierten Hemmnisse noch unverändert da sind und ob das eingesetzte Instrument unter möglicherweise veränderten Rahmenbedingungen immer noch geeignet ist, diese Hemmnisse zu adressieren. Grundsätzlich wird es auf Grund von Marktunvollkommenheiten und Markthemmnissen stets die Notwendigkeit für den Einsatz komplementärer spezifischer Instrumente geben, nur unterliegen sie einem kontinuierlicheren Begründungs- und Überprüfungsbedarf, anders als die globalen Instrumente.

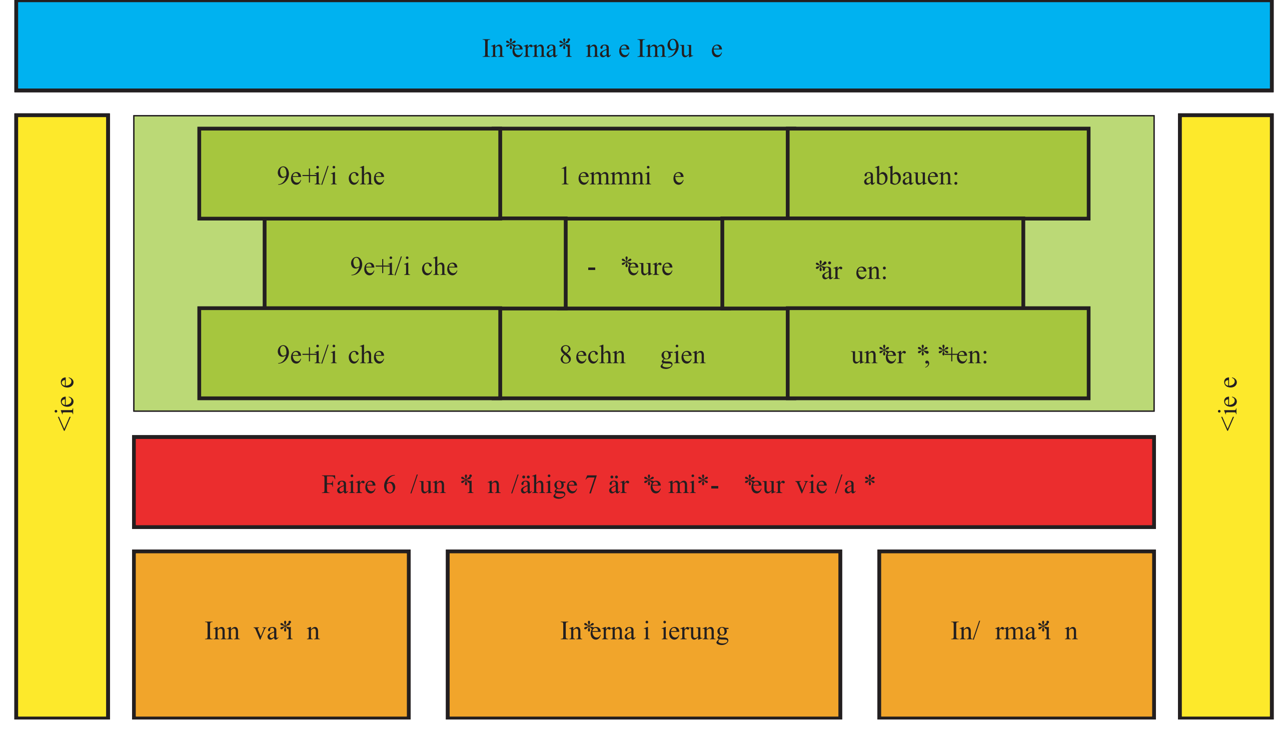
(2039) Schließlich bildet die internationale Ebene eine unabdingbare Dimension für nachhaltigkeitsorientierte Politik im Energiesektor. Dies betrifft sowohl die Ausarbeitung von Global-Governance-Regimen als auch den gezielten Transfer von Technologien und Politiken in den internationalen Raum, z. B. über die flexiblen Instrumente des Kioto-Protokolls.

(2040) Folgende Grundsätze sollten beim Instrumenteneinsatz Beachtung finden:

- der Instrumentenmix sollte flexibel gehandhabt werden können bei Formulierung klarer Ziele,
- häufige und abrupte Instrumentenwechsel sind in jedem Fall zu vermeiden, um die Akteure nicht zu verunsichern,
- freiwillige Selbstverpflichtungen als Ersatz staatlicher Instrumente müssen immer einher gehen mit dem

Abbildung 6-10

Elemente des Policy-Mix für die Ausgestaltung eines nachhaltigen Energiesystems



Quelle: Zusammenstellung des Öko-Instituts 2002

Druckpotenzial eines zum Einsatz bereiten alternativen Instruments und

– der Einsatz ökonomischer Instrumente ist nie losgelöst von den politischen und sozialen Bedingungen und der Motivationslage der beteiligten Akteure zu entscheiden.

(2041) Die Kommission sieht die Weiterentwicklung des derzeitigen konkreten Instrumenteneinsatzes zur Förderung einer nachhaltigen Energiewirtschaft an eine Reihe offener Wenn-dann-Beziehungen geknüpft:

– **Wenn** sich die internationale/europäische Staatengemeinschaft nicht zeitnah auf den gemeinsamen Einsatz globaler marktwirtschaftlicher Instrumente verständigen kann, **dann** ist unter Beachtung der Wettbewerbsfähigkeit der Industrie eine nationale Vorreiterrolle geeignet, Innovations- und Technologievorsprünge zu erreichen und damit mittelfristige Exportchancen zu eröffnen. Dies bezieht sich sowohl auf die Steuer- als auch auf eine Zertifikatslösung.

– **Wenn** eine europäische Zertifikatslösung beschlossen würde, **dann** ist die nationale Ökosteuer mit dieser zu harmonisieren.

– **Wenn** eine europäische Steuerlösung beschlossen würde, **dann** ist die nationale Ökosteuer daran anzupassen.

– **Wenn** sich beide europäischen Globalinstrumente durchsetzen, **dann** sind je nach Marktfortschritt die sektorspezifischen Instrumente insbesondere bei der Strombereitstellung auf den Prüfstand zu stellen.

– **Wenn** sich auf bislang preisgestützten Märkten eine große technische Ausdifferenzierung bei ähnlichen Kosten sowie eine befriedigende Akteursvielfalt zeigt, **dann** ist der Übergang zu einer Mengenregelung zu prüfen.

(2042) Insgesamt ist die fortlaufende Anpassung und Optimierung des Instrumentenmixes eine anspruchsvolle Aufgabe, der sich der Staat mit dem Ziel, eine nachhaltige Energiewirtschaft zu entwickeln, zu stellen hat.

7 Handlungsempfehlungen der Enquete-Kommission[1, 2]

7.1 Vorbemerkung

(2041) Mit den hier vorgelegten Handlungsempfehlungen will die Enquete-Kommission des 14. Deutschen Bundestages „Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und der Liberalisierung“ mit einer gezielten Auswahl und Zusammenstellung aus den im Bericht behandelten Strategien und Instrumenten handhabbare, umsetzungsorientierte Hilfestellungen an die politischen Entscheidungsträger der kommenden Legislaturperioden geben. Die von der Enquete-Kommission gesetzten Schwerpunkte umreißen die wichtigsten Grundsätze und zu adressierenden Handlungsfelder. Der für die Empfehlungen gewählte Zeithorizont ist auf eine mittelfristige Perspektive von etwa 10 bis 15 Jahren begrenzt, wobei das Langfristziel, ein nachhaltiges Energiesystem spätestens im Jahr 2050 erreicht zu haben, immer einen wichtigen Entscheidungshintergrund bildet und auch zukünftig bilden sollte. Das bedeutet auch, dass Entscheidungen in den kommenden Jahren stets daran gemessen werden müssen, ob sie diesem Langfristziel entsprechen.

7.2 Grundsätze und Leitbilder

7.2.1 Prinzip der Nachhaltigkeit

(2042) Die Enquete-Kommission sieht mit großer Sorge die ungebremste globale Zunahme der Verbrennung fossiler Brennstoffe und das unzureichende Umsteuern in den Industrieländern, deren heutige Energiesysteme dem Prinzip der Nachhaltigkeit nicht genügen und schon gar nicht global verallgemeinerbar sind.

(2043) Die im Rahmen der Arbeit der Enquete-Kommission vorgenommene Analyse der Effekte der ökonomischen Globalisierung macht deutlich, dass diese zwingend in einen ökologisch und sozial verträglicheren Rahmen eingebettet werden muss, um eine nachhaltig-zukunftsfähige Entwicklung – auch im Energiebereich – zu ermöglichen. Deshalb hat es nach Auffassung der Kommission oberste Priorität, auf die Ausarbeitung, Stärkung und Umsetzung von operationalisierbaren Nachhaltigkeitsstrategien im Energiesektor hinzuwirken, wie sie 1992 auf der Weltkonferenz für Umwelt und Entwicklung beschlossen sowie für das Klimaschutzproblem in der Klimarahmenkonvention verankert und im Kioto-Protokoll erstmals operationalisiert wurden. Dies ist dann umso glaubwürdiger, je ambitionierter die jeweiligen nationalen Zielsetzungen verfolgt werden.

7.2.2 Weiterentwicklung der Liberalisierung

(2044) Die Enquete-Kommission sieht im Prozess der Liberalisierung der Energiemärkte Chancen für eine Umstrukturierung des Energiesystems. Dieser Prozess sollte im Interesse von ökonomischen Effizienzgewinnen, von Kundenorientierung und von Akteursvielfalt vorangetrieben und durch wettbewerbsermöglichende und -sichernde Regulierungen fundiert werden. Dabei ist den negativen Effekten der Liberalisierung, insbesondere der zu beobachtenden Marktmachtkonzentration und Oligopolbildungen entgegenzuwirken und mittelfristig eine größere Akteursvielfalt zu gewährleisten. Da liberalisierte Märkte aus sich heraus keine Nachhaltigkeitsziele verfolgen, sind darüber hinaus effektive staatliche Regulierungsmaßnahmen für eine ökologische Flankierung der Liberalisierung notwendig, um das öffentliche Gut Umwelt-/Klimaschutz zu sichern, das weitere Anwachsen von externen Kosten zu stoppen und diese langfristig – auch durch deren Internalisierung – zu reduzieren. Eine vorsorgende Energiepolitik ist insbesondere auch deshalb notwendig, weil die heutigen Angebots- und Marktstrukturen mit der „Zielstruktur“ nachhaltigerer Energiedienstleistungsmärkte nicht kompatibel sind und insofern Anreizstrukturen und Rahmenbedingungen für einen beispielgebenden Strukturwandel notwendig sind.

7.2.3 Primat der Politik

(2045) Vor diesem Hintergrund erfordert die Berücksichtigung der ökologischen, ökonomischen und sozialen Dimensionen von Nachhaltigkeit das Primat der Politik und – zur Sicherung des Gemeinwohls und der globalen Gemeinschaftsgüter wie z. B. ein stabiles Klimasystem – einen gegenüber Partialinteressen durchsetzungsfähigen Staat. Bei einer auf Interessenausgleich ausgerichteten und im demokratischen Zusammenspiel politischer Interessenvertreter formulierten Politik ist es Aufgabe des Staates, langfristige Entwicklungen und Ziele des Allgemeinwohls zu berücksichtigen, zu befördern und – mit demokratischen Mitteln – durchzusetzen.

7.2.4 Stärkung der europäischen Energiepolitik

(2046) Die Enquete-Kommission begrüßt, dass mit dem fortschreitenden Zusammenwachsen der Länder der europäischen Union eine gemeinsame nachhaltige Energiepolitik auf der europäischen Ebene konzipiert und gemeinsam umgesetzt werden kann. Dies ändert jedoch nichts an der Tatsache, dass weiterhin nationale Einflussmöglichkeiten sowie Verantwortungsbereiche für die Energiepolitik bestehen bleiben und beispielgebende Strategien sowie „best practice“-Aktivitäten zur Beschleunigung des

---

[1] Minderheitsvotum der Kommissionsmitglieder von CDU/CSU und FDP: Aufgrund der in den anderen Kapiteln genannten grundlegenden Dissens- und Kritikpunkte der Mehrheit der Kommissionsmitglieder werden diese Handlungsempfehlungen abgelehnt und eigene vorgelegt – vgl. hierzu Minderheitsvotum, insbesondere Kapitel 7.

[2] Minderheitsvotum des Kommissionsmitglieds der Fraktion der PDS einschließlich des von ihr benannten Sachverständigen Prof. Dr. Jürgen Rochlitz zu Kapitel 7 siehe am Ende des Kapitels.

europäischen Nachhaltigkeitsprozesses auch weiterhin aktiv umgesetzt werden müssen. Nur durch Vorreiterrollen und vielfältige Experimente von Ländern und Ländergruppen können die zum Aufbau eines nachhaltigen europäischen Energiesystems notwendigen Innovationen im System erprobt und in breitem Maßstab anwendbar gemacht werden. Die Erhaltung bzw. Schaffung solcher nationaler Innovationsspielräume ist ein eigenständiges Element europäischer Energiepolitik.

7.2.5 Verantwortliche Partnerschaft mit Entwicklungs-, Schwellen- und Transformationsländern

(2047) Die Empfehlungen der Kommission für die konsequente Umsetzung einer nachhaltigen Energieversorgung in der Bundesrepublik Deutschland gehen von dem Grundsatz der besonderen Verantwortung und Partnerschaft aus, die die Industrieländer gegenüber den Entwicklungs-, Schwellen- und Transformationsländern entwickeln müssen und die sich insbesondere in einer Vorbildfunktion und Vorreiterrolle für die Entwicklung und Realisierung von Zukunftsenergiesystemen manifestieren muss.

7.3 Strategische Ansätze und Instrumente

(2048) Für die zielstrebige und weitreichende Umgestaltung des deutschen Energiesystems hin zu nachhaltig-zukunftsfähigen Energiestrukturen und für die Wahrnehmung globaler Verantwortung sind für die Kommission die im folgenden dargestellten strategischen Ansätze und Instrumente von herausragendender Wichtigkeit. Die Kommission betont, dass die Umgestaltung des Energiesystems klarer Ziele und eines flexiblen Instrumenteneinsatzes bedarf. Die Strategien werden stets mit einem Policy-Mix ausgefüllt werden müssen.

7.3.1 Verpflichtung auf mittel- und langfristige ambitionierte Klimaschutzziele

(2049) Neben der Beibehaltung des kurzfristigen Klimaschutzzieles sollte sich Deutschland ambitionierte mittel- und längerfristige nationale Reduktionsziele stecken. Die Enquete-Kommission empfiehlt Bundestag und Bundesregierung, sich aus internationaler Verantwortung und als Impulsgeber für die Staatengemeinschaft zu verpflichten, auch bei möglicherweise zögernder Klimaschutzpolitik anderer Staaten die nationalen Treibhausgasemissionen – auf der Basis von 1990 – um 40 % bis 2020 zu reduzieren. Auf internationaler und insbesondere auf europäischer Ebene sollte sie sich für ehrgeizige mittel- und langfristige Reduktionsziele engagieren, die über die im Protokoll von Kioto festgesetzten Reduktionsziele deutlich hinausgehen. Die Kommission legt ihren Einschätzungen die Überlegung zu Grunde, dass die in den Nachfolgekonferenzen konkretisierten und abgeschwächten Kiotoziele zwar für eine Ratifizierung des Kioto-Protokoll unvermeidlich sind, dass aber die Dringlichkeit des Klimaproblems beispielgebende Vorreiterrollen von Staaten und Staatenbündnissen sowie das Engagement für ambitioniertere Ziele auf internationaler Ebene unerlässlich macht. Die Kommission empfiehlt, dass Deutschland darauf durch ein positives nationales Beispiel hinwirkt. Langfristig sollte sich Deutschland an einer Minderung der Treibhausgasemissionen bis 2050 um 80 % orientieren.

7.3.2 Wettbewerbsermöglichende Vervollständigung des Liberalisierungsprozesses

(2050) Aufgrund des großen Einflusses, den der weitere Verlauf der Liberalisierung auf die Umsetzungschancen für die skizzierten Strategien hat, erachtet es die Kommission für unabdingbar, die Entwicklungen auf dem Strom- und Gasmarkt in Bezug auf die Zielerreichung einer nachhaltigen Energienutzung regelmäßig zu evaluieren.

(2051) Insbesondere sollten die bestehenden Regelungen eines verhandelten Netzzugangs sowie das Fehlen unabhängiger nationaler Regulierungsinstanzen/-einrichtungen zeitnah im Hinblick auf das Ziel eines diskriminierungsfreien Marktzugangs überprüft werden, um zu verhindern, dass aktuelle Marktkonzentrationsprozesse und missbräuchliches Verhalten der bisherigen Marktteilnehmer eine dauerhafte Liberalisierung der Energiemärkte de facto verhindern. Bei einem im Hinblick auf Liberalisierungsfortschritte und die Schaffung eines realen europäischen Binnenmarktes im Energiebereich negativen Befund empfiehlt die Enquete-Kommission dringend die gesetzliche Verankerung einer Netzzugangsverordnung sowie die Einsetzung einer ex ante agierenden Wettbewerbsinstanz, wie sie alle anderen Länder der EU bereits eingeführt haben. Darüber hinaus sind im Interesse einer größeren Akteursvielfalt die bestehenden Regelungen zur Fusionskontrolle zu verschärfen und die aus Gemeinwohlgründen ggfs. weiterhin notwendigen Ausnahmetatbestände durch Einbeziehung des Parlaments transparenter zu machen und zu demokratisieren. Darüber hinaus sollte bei dieser Evaluierung untersucht werden, ob die Preissignale für Anbieter, Netzbetreiber und Nachfrager auf den Energiemärkten mit dem Ziel einer nachhaltigen Energieversorgung und der möglichst weitgehenden Internalisierung der externen Kosten kompatibel sind.

(2052) Die neuen unternehmerischen Risiken auf liberalisierten Märkten erfordern eine Neubewertung des Umgangs mit den Rückstellungen der Energiewirtschaft zum Rückbau der Atomkraftwerke. Es ist nicht Aufgabe des Staates, im Falle – offensichtlich unvermeidbarer und unkalkulierbarer – Insolvenzen diese Risiken abzudecken. Daher sind diese Rückstellungen in einen öffentlich-rechtlichen Fond zu überführen und für die vorgesehene Verwendung zu sichern.

7.3.3 Dezentralisierung der Versorgungsstrukturen

(2053) Nach Überzeugung der Kommission ist die Dezentralisierung der Versorgungsstrukturen ein zentraler Baustein für ein nachhaltig-zukunftsfähiges Energiesystem. Daher empfiehlt sie darauf hinzuwirken, die zentralisierten Angebotsstrukturen insbesondere des Stromangebotes sukzessive durch dezentrale Optionen zu ergänzen und in der Perspektive weitgehend durch dezentralere Angebots- und

Netzkonfigurationen abzulösen. Mit Hilfe moderner IuK-Technik lassen sich diese Optionen, zu denen insbesondere auch das gesamte Spektrum der Kraft-Wärme-/Kälte-Kopplung und regenerativer Stromerzeugung gehört, zu „virtuellen“ Kraftwerken zusammenfassen und mit rationelleren Nachfragemustern in Einklang bringen. Dadurch entstehen effiziente, über den Energiemarkt im engen Sinne hinausgehende Gesamtsysteme für Energiedienstleistungen. Zur Unterstützung dieser Transformation betrachtet die Kommission es als wichtig, die regulatorischen Rahmenbedingungen für dezentrale Optionen zu verbessern. Weiter sind die technischen Voraussetzungen und der Aufbau der notwendigen Infrastruktur mit gezielten Markteinführungsprogrammen zu unterstützen und voranzutreiben.

7.3.4 Investitionsoffensive für umweltfreundliche Technologienutzung

(2054) Durch die bevorstehenden Investitions- und Erneuerungszyklen des bundesdeutschen Kraftwerksparks (2005 bis 2025) öffnet sich ein Zeitfenster, das genutzt werden muss, um durch temporär verstärkte Anreizsetzung den Durchbruch zu einer dezentraleren Energieeffizienz- und Solarenergiewirtschaft zu erreichen. Im Zentrum stehen dabei die folgenden beiden Ansätze:

(2055) Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung

Die Erzeugung von Wärme, Kälte und Strom in Kraft-Wärme-/Kälte-Kopplung ist – auch und insbesondere in ihrer dezentralen Technologieform – verstärkt zu fördern, da sie unabdingbare Beiträge zur Energieeinsparung und Emissionsminderung erbringen kann, gleichzeitig aber ein wichtiges Bindeglied für die angestrebte Integration dezentraler Energieerzeugungs- und -nutzungstechnologien in ein nachhaltiges Energiesystem darstellt. Hierfür kommen sowohl konventionelle Heizkraftwerke als auch Blockheizkraftwerke und innovative Technologien (Mikro-Turbinen, Brennstoffzellensysteme u. a.), langfristig auch auf Wasserstoff-Basis in Frage. Ähnlich wie bei der Markteinführung von erneuerbaren Energien sind durch eine aktive F&E-Politik und durch die Sicherung eines fairen Marktzutritts besonders förderliche staatliche Rahmenbedingungen zur schnellen Marktdurchdringung notwendig. Die ergriffenen Maßnahmen zur Flankierung und Förderung der KWK sind deshalb konsequent weiter zu entwickeln. Die Zwischenüberprüfung im Jahr 2004 wird dafür einen wichtigen Meilenstein bilden.

(2056) Förderung regenerativer Energien

Als elementarer Bestandteil dezentraler Strukturen und auf Grund ihres beträchtlichen Potenzials zur Minderung der Treibhausgasemissionen nehmen regenerative Energien nach Auffassung der Kommission in einem nachhaltigen Energiesystem eine zentrale Stellung ein, und ihre Anwendung insbesondere im Wärme- und Stromsektor muss deshalb weiter unterstützt werden. Zur Förderung regenerativer Energien im Strombereich ist die Beibehaltung der Anreize durch das Erneuerbare Energiengesetz (EEG) in der augenblicklichen Marktphase ohne Alternative, um durch Massenproduktion und Kostendegression mittel- und langfristig sich selbst tragende Märkte für regenerative Erzeugungstechniken zu etablieren. Für den Wärmebereich erscheint für größere REG-Anlagen die Einführung einer Mengenregelung im Sinne einer Umweltschutzpflicht für die entsprechenden Akteure der Händlerkette fossiler Brennstoffe sinnvoll.

7.3.5 Stärkung der Energieeffizienz auf der Nachfrageseite und Organisierung bzw. Flankierung funktionsfähigen Wettbewerbs um Energiedienstleistungen

(2057) Auf der Grundlage der Analyse von weltweiten und nationalen Energieszenarien ist die Kommission zu der Überzeugung gelangt, dass die Umsetzung derartiger, auf forcierte Effizienzverbesserungen ausgerichteter Strategien unabdingbar für die Erreichbarkeit der Nachhaltigkeitsziele sind. Neben den ökologischen Vorteilen ist damit eine Fülle von wirtschaftlichen und sozialen Vorteilen verbunden, die insbesondere auch für die langfristige Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft, aber auch für die Sozialverträglichkeit des notwendigen Umsteuerungsprozesses von grundlegender Bedeutung sind. Das derzeitige vorrangig angebotsorientierte System der Versorgung mit Energieträgern ist durch ein stärker nachfrageorientiertes System der Effizienzverbesserung und der volkswirtschaftlich preiswürdigen Bereitstellung von Energiedienstleistungen beim Verbraucher zu vervollständigen und zu einem integrierten System der rationelleren und erneuerbaren Energienutzung weiter zu entwickeln. Die Enquete-Kommission hält es hierbei für notwendig, die vielfältigen Hemmnisse, die den Substitutionswettbewerb zwischen Energieeffizienztechnologien und dem Energieangebot behindern, abzubauen. Dieses System der Effizienzverbesserung ist institutionell, organisatorisch und soweit wie möglich marktförmig abzusichern.

(2058) Die Kommission möchte im Zusammenhang mit der Institutionalisierung zukunftsfähiger Energiemärkte und dem Abbau von Hemmnissen für die effiziente Energienutzung fünf Instrumentenansätze als besonders geeignet hervorheben:

(2059) Erstens ist die Ökosteuer als aufkommensneutrales Instrument zur Internalisierung externer Kosten weiterzuentwickeln. Aus Gründen der Planungs- und Investitionssicherheit wird empfohlen, das gegenwärtige Modell durch eine kontinuierliche reale Anhebung des Steuersatzes fortzuschreiben und prinzipiell auf alle Verbraucher auszudehnen. Nachfolgeregelungen sollten stetig und langfristig angelegt sein, um den Adressaten einen verlässlichen Planungshorizont zu eröffnen. Dabei sollte – neben der Senkung der Bruttolohnkosten – ein Teil des Steueraufkommens gezielt für den ökologischen Strukturwandel verwendet werden. Schließlich sollte auch die Integration der Ökosteuer in eine umfassende ökologische Finanzreform und die Aufhebung der Steuerbelastung von erneuerbaren Energien geprüft werden.

(2060) Zweitens empfiehlt die Kommission für die von der Ökosteuer befreite Industrie ergänzend ein Emissionshandelssystem zu implementieren. Die Kommission greift damit eine EU- und weltweit diskutierte Initiative auf, an deren Gestaltung und internationaler Etablierung

sich Deutschland, so die Überzeugung der Kommission, aktiv beteiligten sollte. Daher wird vorgeschlagen, ein mit Beginn der ersten Verpflichtungsperiode des Kioto-Protokolls verpflichtendes, möglicherweise in einer Vorphase für die freiwillige Teilnahme offenes, aber mit Anreizen versehenes Emissionshandelssystem als Ergänzung der fortentwickelten Ökosteuer einzuführen. Als ein Anreiz wird empfohlen, Teilnehmer durch fachliche, organisatorische und ggf. steuerrechtliche Berücksichtigung von Effizienzmaßnahmen zur Minderung der Emissionen zu unterstützen.

(2061) Drittens empfiehlt die Kommission die Einrichtung eines Energieeffizienz-Fonds, der aus einer langfristig gesicherten Umlage auf die Erlöse der Strom- und Gasnetzbetreiber und/oder aus einem Teil des Aufkommens der Ökosteuer (s. o.) gespeist wird. Die Verwendung des Aufkommens sollte der Finanzierung wettbewerblicher Kampagnen, von Maßnahmen und Programmen zur Marktunterstützung von Effizienztechnologien und -dienstleistungen sowie von Motivations- und Informationskampagnen dienen. Mittelverwaltende bzw. ausführende Institution wäre vorzugsweise eine marktnah agierende Effizienzagentur nach dem Vorbild Großbritanniens oder Dänemarks, die mit Energieunternehmen, Energieagenturen, Anbietern energieeffizienter Technik und anderen Marktakteuren kooperiert. Dabei sollten auch Anreize für Energieunternehmen geschaffen werden, Demand Side Management-Programme (DSM) bei ihren Kunden durchzuführen. Das Ziel ist dabei, die Markttransformation zugunsten von Effizienztechniken zu beschleunigen und damit zur Energiekostensenkung bei allen Verbrauchergruppen beizutragen.

(2062) Viertens weist die Kommission darauf hin, dass eine systematische Aufarbeitung und schrittweise Beseitigung einer Vielzahl administrativer und rechtlicher Hemmnisse unerlässlich ist, wenn sich die Erschließung der wirtschaftlich attraktiven Energiespar- und Emissionsminderungspotenziale in zunehmendem Maße als privatwirtschaftliches Geschäftsfeld herausbilden soll. In unserer durch einen hohen Grad an Arbeitsteiligkeit geprägten Industriegesellschaft sollte sich eine umfassende Energiedienstleistungswirtschaft als starker Wirtschaftsfaktor herausbilden können.

(2063) Schließlich hält die Kommission ein integriertes Maßnahmenbündel für nachträgliche Wärmeschutzmaßnahmen im Gebäudebestand und die Einführung von rationeller Heizungs- und Warmwasserbereitungstechnik (zunehmend auf Basis regenerativer Energien) im Rahmen von ohnehin anstehenden Sanierungsmaßnahmen für besonders dringlich, da hier ein wirtschaftliches CO_2-Minderungspotenzial von bis zu 50 % realisierbar ist. Im Zentrum eines solchen Bündels stünden ein zinsgünstiges Kreditprogramm sowie ein breit angelegtes Informations- und Beratungsprogramm.

7.3.6 Sicherung und Ausweitung von Akteursvielfalt

(2064) Dezentrale Technologien hängen nicht nur in besonderer Weise von der Vielfalt regionsspezifischer Erzeugungspotenziale (wie z. B. Wind- und Biomassepotenziale), sondern auch von einer stark diversifizierten Einsatzcharakteristik (insbesondere bei Kraft-Wärme/Kälte-Kopplung) ab. Auch technische und marktliche Innovationen und ihre breite Durchsetzung können durch niedrige Zutrittsbarrieren zu den Energie- und Technologiemärkten in erheblichem Maße befördert werden. Insofern stellen sich auch neue Fragen nach der optimalen Unternehmens- und Betreibergröße, nach der Vielfalt zusätzlicher und stärker regional orientierter Akteure sowie nach deren markt- und wettbewerbskonformer Koordinierung innerhalb dezentraler Netzstrukturen. Die Weiterentwicklung der Netze hin zu dezentralen Strukturen ist zu unterstützen.

(2065) Die Kommission betrachtet es zur Umsetzung der vorgenannten Strategieelemente als unabdingbar, dass die Akteursvielfalt auf den Energiemärkten erweitert und dauerhaft etabliert wird. Da die als nachhaltig beschriebenen Technologien vielfach direkt durch Verbraucher oder verbrauchsnah zum Einsatz kommen können, gilt es, die kleinen Produzenten und Selbstversorger rechtlich und gegenüber etablierten Akteuren des Energiemarktes wirtschaftlich zu stärken. Alle Maßnahmen und alle Instrumente sind darauf zu überprüfen, dass sie die Akteursvielfalt ausweiten und sichern.

7.3.7 Forschungs- und bildungspolitische Offensive

(2066) Es wird empfohlen, eine forschungs- und bildungspolitische Offensive zu starten. Zentrales Element sollte sein, Energieeffizienzaspekte durch konkrete, die Produktions- und Produkteffizienz einbeziehende Projekte in Industrie und Gewerbe zu unterstützen und in den Curricula insbesondere technischer, aber auch wirtschafts- und rechtspolitischer Studiengänge zu verankern. Als besonderer Schwerpunkt sind Projekte zur dynamischen Weiterentwicklung erneuerbarer Energietechnologien und der IuK-Techniken für ihre Vernetzung zu virtuellen Kraftwerken zu fördern.

7.3.8 Energiepolitische Initiativen auf europäischer Ebene

(2067) Im Zentrum der energiepolitischen Initiativen Deutschlands auf der Europäischen Ebene sollten nach Auffassung der Kommission Schritte zur Schaffung funktionierender wettbewerblicher Energiemärkte mit transparenten und gleichen Rahmenbedingungen, zur Beendigung des Euratom-Vertrages und sein Ersatz durch ein eigenständiges Energie-Kapitel im EG-Vertrag stehen. Als Teil dieses neuen Kapitels, so empfiehlt die Kommission, sollte zur Unterstützung und langfristigen Absicherung der nationalen genauso wie der europäischen Ziele die EU-weite Forcierung der Energieeffizienz und die Förderung regenerativer Energietechnologien verankert werden.

(2068) Nicht zuletzt aufgrund der unmittelbaren Nachbarschaft Deutschlands zu osteuropäischen Beitrittsländern wird eine aktive Begleitung der Osterweiterung der EU auch in energiepolitischer Hinsicht durch die Kom-

mission als vordringlicher Bestandteil deutscher EU-Politik bewertet. Aus diesem Grunde empfiehlt die Kommission, die Beitrittsländer mit dem Ziel des Aufbaus einer nachhaltigen Energieversorgung rechtlich, politisch-strukturell und technologisch bei der Umsetzung energiepolitischer Maßnahmen zu unterstützen. Im Vordergrund sollten Hilfestellungen beim Aufbau liberalisierter Energiemärkte stehen. Dabei ist ein besonderes Augenmerk auf die Etablierung wettbewerbsstützender Marktstrukturen und Regulierungen zu legen, wozu auch die Einführung funktionaler Preis- und Abrechnungssysteme zählt. Weiter sollten diese Staaten bei der Durchführung von Energieeffizienzmaßnahmen etwa im Wohnungsbau Hilfe erhalten. Ein Schwerpunkt der Maßnahmen sollte auf die Sanierung des Kraftwerksparks abzielen, wo neuesten und effizientesten Technologien zum Einsatz verholfen werden sollte; dies nicht zuletzt mit dem ausdrücklichen Ziel, aus der Nutzung der Atomenergie auch in diesen Staaten auszusteigen.

7.3.9 Transfers in Entwicklungs-, Schwellen- und Transformationsländer

(2069) Die notwendigen nationalen Anstrengungen zur Entwicklung nachhaltig zukunftsfähiger Energiesysteme sind parallel durch einen weitgehenden Finanz-, Technologie- und Know How-Transfer in Entwicklungs-, Schwellen- und Transformationsländer zu flankieren. Diese globale Sichtweise ergibt sich zwingend aus dem globalen Charakter des Klimaschutzproblems, dient aber gleichwohl auch nationalen Zielsetzungen wie der Erschließung von Exportmärkten und damit der Sicherung von Arbeitsplätzen wie auch der entwicklungspolitisch motivierten Unterstützung einer ökologisch, sozial und wirtschaftlich nachhaltigen Entwicklung in den Entwicklungs- und Schwellenländern. Deshalb empfiehlt die Enquete-Kommission, eine Exportoffensive für regenerative Energie- und Effizienztechnologien in Entwicklungs- und Schwellenländern zu starten. Eine derartige Initiative muss nach Auffassung der Enquete-Kommission neben der Bereitstellung von abgesicherten Krediten als Finanzierungshilfe auch rechtliche und logistische Unterstützung sowie nicht zuletzt verstärkte Information, Beratung und Weiterbildung in den Zielländern der Exportaktivitäten umfassen. Dazu gehört auch die offensive Nutzung der projektbasierten flexiblen Mechanismen des Kioto-Protokolls. Die Kommission empfiehlt hier die Auflage eines entsprechenden Fonds.

(2070) Eine wichtige Rolle wird in jedem Fall der Zusammenarbeit mit den heutigen und zukünftigen Energielieferländern und -regionen zukommen. Die starke Verflechtung der Welt über die globalen Energiemärkte führt dazu, dass politische Instabilitäten in den Energielieferländern und -regionen erhebliche wirtschaftliche und politische Folgen im globalen Maßstab zeitigen können. Dabei stehen vor allem die Folgen von Preisturbulenzen auf den zunehmend integrierten Weltenergiemärkten und weniger die physische Verknappung von Energierohstoffen im Vordergrund. Die Förderung einer partnerschaftlichen Zusammenarbeit für die Erhaltung der wirtschaftlichen und politischen Stabilität sowie für eine nachhaltige Entwicklung in den Lieferregionen wie auch die Flankierung bei der Bewältigung der wirtschaftlichen und politischen Folgen (z. B. für OPEC-Länder) bei einem weltweiten Übergang auf effizientere und erneuerbare Energiesysteme begründen eine neue außenpolitische Dimension von Energiepolitik.

7.4 Empfehlung zur Einrichtung einer Enquete-Kommission „Nachhaltige Mobilität“

(2071) Die Kommission hat sich darauf verständigt, den Sektor Verkehr nur in dem begrenzten Umfang und in der Tiefe zu untersuchen, wie es für die Analyse von energiebezogenen Langfristszenarien unumgänglich ist. Dabei konnten jedoch wesentliche Rahmenbedingungen, Determinanten, Auswirkungen und Umsetzungsschritte für ein nachhaltiges Verkehrssystem nicht diskutiert werden.

(2072) Die Kommission empfiehlt daher, in der nächsten Legislaturperiode eine Enquete-Kommission „Nachhaltige Mobilität“ einzusetzen, die sich – im Zusammenhang mit Globalisierung und Liberalisierung – mit den mittel- und langfristigen Wechselwirkungen zwischen nachhaltigen Energie- und Verkehrssystemen sowie zwischen Verkehrstechniken und sozialökologischen Bedingungen einer nachhaltigen Mobilität befassen soll. Bei der Wechselwirkung von Energie- und Verkehrssektor spielen zum Beispiel Nutzungskonkurrenzen hinsichtlich der Brenn- und Treibstoffe (z. B. bei der Biomassennutzung und der Wasserstoffbereitstellung), in Bezug auf Stromerzeugung und -verwendung, überlappende Technikbereiche wie beim mobilen und stationären Einsatz von Brennstoffzellen sowie zwischen Energie- und Materialverbrauch und den verkehrsrelevanten Effekten des Einsatzes von IuK-Techniken eine wichtige Rolle. Auch die Wechselwirkungen zwischen der Globalisierung von Waren- und Dienstleistungsmärkten sowie zwischen der Ausweitung des Europäischen Wirtschaftsraumes (EU-Osterweiterung) mit den Transportnetzen für Waren, Dienstleistungen und Informationen bedürfen unter dem Aspekt einer nachhaltigen Mobilität weiterer Analyse. Dabei sind alle Verkehrsträger (Pkw, Lkw, Schiene, Flugzeug, Schiff) und alle Verkehrszwecke im Personen- wie auch im Güterverkehr einzubeziehen.

(2073) Bei der Entwicklung eines Konzepts für eine „nachhaltige Mobilität“ kommt es darauf an, die gesellschaftlich erwünschten Formen und den Umfang von Mobilitätsdienstleistungen analytisch zu erfassen, die das Verkehrssystem insgesamt umwelt-, sozial- und wirtschaftsverträglicher machen, um es in eine nationale Nachhaltigkeitsstrategie integrieren zu können. Mögliche Zielkonflikte müssen dabei für politische Entscheidungen transparent gemacht werden.

(2074) Die Kommission hat in ihren Szenarien dargestellt, dass unter der Annahme trendgemäß steigender Verkehrsmengen ein angemessener Beitrag des Verkehrssektors zu weit reichenden nationalen CO_2-Minderungszielen (80 % CO_2-Reduktion bis zum Jahr 2050) mit technischen Mitteln erreichbar ist, andere Beiträge (Fahrverhalten, Kaufentscheidungen etc.) würden die Zielerreichung unterstützen. Eine umfassende langfristige Analyse der sozio-

ökonomischen Triebkräfte der Verkehrsentwicklung sowie eine Bilanzierung der über die Klimarelevanz hinausgehenden externen Effekte (Kosten und Nutzen) des Verkehrssystems steht noch aus. Insofern ist es eine offene Forschungsfrage, wie ein System nachhaltiger Mobilität in einem Industrieland wie Deutschland konzipiert und umgesetzt werden könnte, welche Rolle dabei Fragen der Verhaltensänderung und des Wertewandels (vergl. auch die Diskussion über „Suffizienz“ in Kapitel 4.3.4 dieses Berichts) spielen und welche internationalen Rückwirkungen auf die Mobilität in Übergangs- und Entwicklungsländern sich hieraus ergeben können.

(2075) Daher sollte auch ein Instrumentenmix aus verkehrspolitischen sowie regional- bzw. stadtplanerischen Ansätzen entwickelt und daraufhin untersucht werden, welcher mittel- und langfristige Zielbeitrag zum Klimaschutz durch Verkehrsvermeidung und -verlagerung erreicht werden kann, ohne dass das gesellschaftlich erwünschte Niveau an nachhaltiger Mobilität dadurch in Frage gestellt wird. Dabei sollten die positiven (z. B. Reduzierung von Unfällen, Lärm, Flächenverbrauch) wie auch die denkbaren negativen (z. B. Begrenzung des individuellen Fahrverhaltens, Begrenzung der räumlichen Arbeitsteilung) Nebeneffekte einer klimaverträglichen und nachhaltigeren Mobilität bilanziert und gegeneinander abgewogen werden.

Sondervotum zu Kapitel 7

Minderheitsvotum des Kommissionsmitglieds der Fraktion der PDS einschließlich des von ihr benannten Sachverständigen Prof. Dr. Jürgen Rochlitz

7. Handlungsempfehlungen

7.1 Vorbemerkung

Mit den hier vorgelegten Handlungsempfehlungen wollen wir – anders als die Mehrheit aus SPD, GRÜNE, CDU und FDP – im Rahmen der Enquete-Kommission des 14. Deutschen Bundestages »Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und der Liberalisierung«, auf Grundlage der von uns im Kapitel 6.1 (Sondervotum) formulierten Strategien, Instrumente für die politischen Entscheidungsträger der kommenden Legislaturperioden empfehlen. Der für die Empfehlungen gewählte Zeithorizont wird je nach Empfehlung von 2010 bis 2050 gespannt. Das Langfristziel, als ein nachhaltiges Energiesystem innerhalb einer auf Nachhaltigkeit orientierten Ökonomie, ist dabei die solare Vollversorgung, d. h. die ausschließliche Nutzung erneuerbarer Energien, die spätestens im Jahr 2050 erreicht sein sollte.

7.2 Grundsätze und Leitbilder

7.2.1 Prinzip der Nachhaltigkeit

Die ungebremste globale Zunahme der Verbrennung fossiler Brennstoffe und das unzureichende Umsteuern in den Industrieländern, deren heutige Energiesysteme nicht nachhaltig und keineswegs global verallgemeinerbar sind, haben den bereits eingetretenen und sich beschleunigenden Klimawandel verursacht.

Sowohl die Effekte der Globalisierung als auch diejenigen vielfältiger Liberalisierungen von Märkten machen deutlich, dass diese zwingend in einen ökologischen und sozialen Rahmen eingebettet werden müssen, um eine nachhaltig-zukunftsfähige Entwicklung – auch im Energiebereich – zu ermöglichen. Der ökologische und soziale Rahmen ergibt sich aus der Operationalisierung des von uns im Sondervotum zum Kapitel 2 formulierten Grundgesetzes der Nachhaltigkeit. Verantwortlich für diese Umsetzung sind vor allem der Staat mit seinen Institutionen, aber auch die Mitglieder der Gesellschaft, die Akteure des Bildungswesens, der Medien und der Ökonomie. Im Energiebereich gehören zum Fundament des ökologischen Rahmens als Mindestanforderung die Klimarahmenkonvention und das aus ihr entwickelte Kioto-Protokoll, welche aber in ihrer Ausgestaltung den klimapolitischen Anforderungen hinsichtlich der notwendigen Reduzierung von Treibhausgasen nicht genügen. Für einen auf Vorsorge beruhenden Klimaschutz, für eine alle Lebensbereiche umfassende nachhaltige Entwicklung, für eine Langfristperspektive bis 2050 sind weiterreichende und konsequentere Maßnahmen notwendig. Dazu gehört eine solare Vollversorgung.

7.2.2 Keine neoliberale Energiepolitik

Im Gegensatz zur Mehrheit der Enquete-Kommission sehen wir im Prozess der Liberalisierung der Energiemärkte eine Umstrukturierung des Energiesystems zu weniger Nachhaltigkeit, zu mehr sozialer Ungleichheit. Den negativen Effekten der Liberalisierung, insbesondere den zu beobachtenden Marktmachtkonzentrationen und Oligopolbildungen ist entgegenzuwirken und die Rechte kleinerer Produzenten gegenüber den Energiekonzernen und die Rechte der Verbraucher sind zu stärken. Da liberalisierte Märkte aus sich heraus keine Nachhaltigkeitsziele verfolgen, sind nicht nur effektive staatliche Regulierungsmaßnahmen für eine ökologische Flankierung notwendig, sondern zur Sicherung der sozialen Nachhaltigkeitsziele (siehe „Grundgesetz der Nachhaltigkeit“ im Sondervotum zum Kapitel 2) muss der Wettbewerb deutlich eingeschränkt werden. Die gesellschaftlichen Ziele Vollbeschäftigung und Umwelt-/Klimaschutz sind durch die Verhinderung der Abwälzung sozialer und ökologischer Kosten auf die Gesellschaft zu sichern.

7.2.3 Primat der Politik

Vor diesem Hintergrund erfordert die Umsetzung der ökologischen, ökonomischen und sozialen Artikel des von uns vorgeschlagenen Grundgesetzes der Nachhaltigkeit das Primat der Politik und – zur Sicherung des Gemeinwohls und der globalen Gemeinschaftsgüter, wie z. B. eines stabilen Klimasystems, einer stabilen Beschäftigungslage – einen gegenüber Partialinteressen und den Versuchen neoliberaler Politik durchsetzungsfähigen Staat. Bei einer auf Interessenausgleich ausgerichteten und im demokratischen Zusammenspiel politischer Interessenvertreter formulierten Politik ist es Aufgabe des Staates, die demokratischen Mitentscheidungsmöglichkeiten auszuweiten, volkswirtschaftliche Erfordernisse im Rang vor betriebswirtschaftlichen In-

teressen gelten zu lassen und langfristige Entwicklungen und Ziele des Allgemeinwohls zu berücksichtigen, zu befördern und mit demokratischen Mitteln durchzusetzen.

7.2.4 Stärkung einer nachhaltigen europäischen Energiepolitik

Mit dem fortschreitenden Zusammenwachsen der Länder der europäischen Union muss verstärkt eine gemeinsame nachhaltige Energiepolitik – nach den Prinzipien des von uns formulierten Grundgesetzes der Nachhaltigkeit – auf der europäischen Ebene konzipiert und gemeinsam umgesetzt werden. Allerdings erfordert dies eine weitere Demokratisierung der EU. Bei den geplanten Erweiterungsschritten sollte vor allem auf die Erhaltung regionaler Wirtschaftszusammenhänge geachtet werden. Die Erhaltung und Schaffung von Innovationsspielräumen ist zudem ein eigenständiges Element europäischer Energiepolitik. Die Wichtigkeit solcher Spielräume wird beispielsweise durch den Erfolg des Erneuerbare-Energien-Gesetzes eindrucksvoll belegt.

7.2.5 Verantwortliche Partnerschaft mit Entwicklungs-, Schwellen- und Transformationsländern

Die konsequente Umsetzung einer nachhaltigen Energieversorgung in der Bundesrepublik Deutschland beinhaltet den Grundsatz der besonderen Verantwortung der Industrieländer gegenüber Entwicklungs-, Schwellen- und Transformationsländern. In einer verantwortlichen Partnerschaft sollten die Industrieländer nicht nur als Vorbild oder Vorreiter, sondern als technischer und finanzieller Förderer für die Entwicklung und Realisierung nachhaltiger Energiesysteme auftreten und nicht eine weitere Ausbeutung dieser Länder durch die Eroberung von Zukunftsmärkten vorantreiben.

7.3 Strategische Ansätze und Instrumente

Für die zielstrebige und weitreichende Umgestaltung der bundesdeutschen Energieversorgung hin zu einem nachhaltig zukunftsfähigen Energiesystem und für die Wahrnehmung globaler Verantwortung sollten die folgenden strategischen Ansätze und Instrumente genutzt werden:

7.3.1 Öffentlichkeits- und Bildungsarbeit

Ein zentraler Angelpunkt für den Start in eine nachhaltige Entwicklung – vor allem, wenn es dabei um die energiepolitischen Weichenstellungen geht – ist eine wirkungsvolle Öffentlichkeitsarbeit, bei der alle Medien zur Vermittlung von Nachhaltigkeit genutzt werden. Die Erfordernisse und die Folgen eines Grundgesetzes der Nachhaltigkeit, wie wir es vorgeschlagen haben, müssen dabei den Menschen deutlich gemacht werden. Im Fokus muss dabei vor allem der Gewinn an Lebensqualität und Gesundheit durch die Erhaltung der ökologischen Grundlagen und der Gewinn an sozialer Sicherheit durch die Unterbindung von zerstörerischem Wettbewerb und neoliberalem, angeblichem Fortschritt sein. Ziel aller Anstrengungen ist ein »Nachhaltigkeitsbewusstsein«, also mehr als das sogenannte Umweltbewusstsein, das bisher auch nur bei einer Minderheit zu finden ist. Das Umweltbewusstsein wurde 1978 vom Rat von Sachverständigen für Umweltfragen definiert als „Einsicht in die Gefährdung der natürlichen Lebensbedingungen des Menschen durch diesen selbst, verbunden mit der Bereitschaft zur Abhilfe.“[3] Unter Nachhaltigkeitsbewusstsein wollen wir ganz analog verstehen:

Einsicht in die Gefährdung der natürlichen Lebensbedingungen des Menschen und seiner sozialen Grundlagen durch ihn selbst und durch eine auf Ungleichheit zielende Ökonomie – mit der Bereitschaft, für Abhilfe zu sorgen.

Dieses Nachhaltigkeitsbewusstsein wird sich nur durch eine umfassende Bildungs- und Weiterbildungsoffensive erreichen lassen.

Ein grundlegend verändertes Bewusstsein ist eine wesentliche Voraussetzung für die Auseinandersetzung um die Veränderung der Produktions- und Lebensweise. Deren Veränderung muss auch den Versuch beinhalten, das gesellschaftliche Verhältniss zur Natur bewusst zu regeln und damit auch den Niedergang der Umwelt zu stoppen. Die Menschen sind in diesem Fall (Szenario „sustainability first“ von Geo 3) aus eigenem Antrieb bemüht, sich und der Natur nicht mehr zuzumuten, als sie auf Dauer aushalten; die Entstehung von Armut wird weltweit verhindert. Die Quintessenz: Nur wer die Gesellschaft grundlegend ändert, meistert die Zukunft. Aber werden derart radikale Überlegungen bei den Politikern in Johannesburg einen Widerhall finden?[4]

Zur notwendigen inhaltlichen Weiterentwicklung der Umweltbildung formuliert das Umweltbundesamt in „Nachhaltiges Deutschland“:[5]

„Der Weg zur Nachhaltigkeit kann kein „Zurück“ bedeuten zu vormodernen respektive angeblich naturangepassten Verhaltens- und Orientierungsmustern, sondern erfordert eine Intensivierung, freilich auch eine grundlegende Neubestimmung, von „Fortschritt“. Es setzt sich das Bewusstsein durch, dass die vom Nachhaltigkeitsleitbild erhoffte und mit ihm angestrebte Zukunftsfähigkeit der technischen, sozioökonomischen und soziokulturellen Entwicklung nur durch einen konsequenten Umbau der industriegesellschaftlichen Lebens- und Verhaltensmuster, der aktiv gestaltend vorangebracht werden muss (und nie durch ein „Unterlassen“ von selber entsteht), erreicht werden kann.“

7.3.2 Verpflichtung auf ambitionierte Ziele

Als Auswahl von einigen für eine nachhaltige Entwicklung entscheidenden Indikatoren seien die folgenden mit den dazu gehörigen Zielen genannt:

---

[3] „Umweltgutachten“ Sachverständigenrat für Umweltfragen, 1978.

[4] Ders. 1994. Unep – Bericht »Geo 3« zur UN-Konferenz in Johannesburg, 2002; hierzu D. J.Weder in Frankfurter Rundschau Nr. 121, 28. Mai 2002 Umweltbundesamt.

[5] Umweltbundesamt, „Nachhaltiges Deutschland“, S. 315, Berlin, 1997.

Auf der Basis von 1990 sollen die Treibhausgase bis 2030 um 50 %, bis 2050 um 80 % reduziert werden; dies gebietet eine an den jüngsten IPCC-Projektionen orientierte Vorsorgepolitik zum Schutz des Klimas und der davon abhängigen Entwicklungen der Ökonomie und des Sozialwesens.

Bis 2030 soll für alle Wirtschaftssektoren Vollbeschäftigung herrschen.

Bis 2050 soll die gesamte Energiewirtschaft auf eine solare Vollversorgung umgestellt sein.

Bis 2050 ist eine vollständige Umstrukturierung des Verkehrs erfolgt: die Dominanz des Pkw- und Lkw-Verkehrs ist gebrochen. Der verbliebene Verkehr findet hauptsächlich auf der Schiene, im öffentlichen Verkehr und ohne Motorisierung statt.

Ab sofort ist eine Zerschneidung von naturnahen Räumen durch Fernstraßen zu unterbinden; der Weiterbau von Fernstraßen, die FFH- oder Naturschutzgebiete oder andere Gebiete von internationalem Rang für den Artenschutz zerschneiden, berühren oder beeinträchtigen, wird eingestellt.

Weitere und ins Detail gehende Zielvorstellungen sind unseren einzelnen Sondervoten zu entnehmen.

7.3.3 Regulierung und Korrektur der Liberalisierung

Der De-Facto-Verhinderung eines nachhaltigen Energiesystems durch aktuelle Marktkonzentrationsprozesse und missbräuchliches Verhalten der bisherigen Marktteilnehmer ist über die gesetzliche Verankerung einer Netzzugangsverordnung sowie die Einsetzung einer Regulierungsbehörde, wie sie alle anderen Länder der EU bereits eingeführt haben, schnellstens entgegenzuwirken. Wesentliche Aufgaben einer solchen Behörde sind die Aufsicht über den Zugang zu den Energienetzen sowie über deren Ausbau, die Preisaufsicht über die Energiepreise und – insbesondere nach den Erfahrungen mit der Stromkrise in Kalifornien sowie dem Zusammenbruch von Enron – Frühwarnungen und Aufklärung im Zusammenhang mit der Versorgungssicherheit. Weiterhin muss ein Klimaschutzgesetz mit daraus sich ergebenden Verordnungen und Technischen Anleitungen verabschiedet werden, das die schon vorhandene Liberalisierung deutlich zu Gunsten der kleineren und allenfalls mittleren Versorger verbessert.

7.3.4 Dezentralisierung der Versorgungsstrukturen

Die Dezentralisierung der Versorgungsstrukturen ist ein wichtiges Strategieelement für ein nachhaltiges und damit auch demokratisches Energiesystem. Die zentralisierten Angebotsstrukturen, insbesondere bezüglich des Stromangebotes, müssen daher sukzessive durch dezentrale ergänzt und ersetzt werden. Mit Hilfe moderner IuK-Technik lassen sich verschiedene kleinere und mittlere Energieumwandler (das ganze Spektrum der regenerativen Stromerzeugung, sowie die vielfältigen Anlagen der Kraft/Wärme-/Kälte-Kopplung) so organisieren, dass sie zusammen mit entsprechend rationalisierter Nachfrage hocheffiziente Subsysteme einer nachhaltigen Energiewirtschaft ergeben. Die regulatorischen als auch die technischen Rahmenbedingungen müssen entsprechend verändert werden, um erneute Zentralisierung auf Basis dezentraler Energietechnologien und der IuK-Technik zu verhindern.

7.3.5 Investitionsoffensive für umweltfreundliche Technologien

Die bevorstehenden Erneuerungen des bundesdeutschen Kraftwerksbestands (2005-2015) müssen genutzt werden, um den Durchbruch zu einer dezentralen Energieeffizienz- und Solarenergiewirtschaft zu erreichen. Dabei müssen vor allem die regenerativen Energien Vorrang besitzen vor noch mit fossiler Energie arbeitenden KWK-Anlagen:

– Regenerative Energieträger

  Als elementarer Bestandteil dezentraler Strukturen und auf Grund ihres unübertroffenen Potenzials zur Minderung der Treibhausgasemissionen nehmen regenerative Energien in einem nachhaltigen Energiesystem eine zentrale Stellung ein. Zur Förderung regenerativer Energien für die Stromherstellung ist die Beibehaltung der Anreize durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) augenblicklich ohne Alternative. Durch Massenproduktion und Kostendegression kann sich so mittel- und langfristig ein neuer Wirtschaftszweig für regenerative Erzeugungstechniken etablieren. Zusätzlich sollte das EEG mit dem Ziel der kostendeckenden Vergütung für alle Formen erneuerbarer Energien ohne Mengenbegrenzung reformiert werden.

– Förderung von dezentraler KWK

  Die Erzeugung von Wärme, Kälte und Strom in Kraft-Wärme-/Kälte-Kopplung ist als dezentrale Technologieform verstärkt zu fördern, da sie ein wichtiges Bindeglied für die angestrebte Integration dezentraler Energieerzeugungs- und -nutzungstechnologien in ein nachhaltiges Energiesystem darstellt. Hierfür kommen sowohl Motor-Blockheizkraftwerke als auch effiziente erdgasbefeuerte (Mikro-)Turbinen sowie Brennstoffzellensysteme auf Basis von Erdgas und langfristig auch regenerativ erzeugter Wasserstoff in Frage. Ähnlich wie bei der Markteinführung von erneuerbaren Energien sind über eine aktive F&E-Politik und über die Sicherung des Marktzutritts mittels einer Quotenregelung besonders förderliche staatliche Rahmenbedingungen zu schaffen. Dazu gehört vor allem der Aufbau von Nahwärmenetzen und der Abbau von, in vielen Kommunen noch bestehenden, Vorranggebieten für Erdgas und – in Einzelfällen – für Nachtstrom. Gefördert werden sollten nur solche Anlagen, die sich zu einem späteren Zeitpunkt auf regenerativ erzeugten Wasserstoff umrüsten lassen.

7.3.6 Stärkung der Energieeffizienz auf der Nachfrageseite und Unterstützung des Angebots von Energiedienstleistungen

Aufgrund von weltweiten und nationalen Energieszenarien ist die Umsetzung derartiger, auf forcierte Effizienzverbes-

serungen ausgerichteter Strategien für die Erreichbarkeit der Nachhaltigkeitsziele notwendig. Neben den ökologischen Vorteilen ist damit eine Fülle von wirtschaftlichen und sozialen Vorteilen verbunden, die insbesondere für die Sozialverträglichkeit des notwendigen Umsteuerungsprozesses von grundlegender Bedeutung sind (z. B. eine große Bandbreite von neuen interessanten Arbeitsplätzen). Das derzeitige vorrangig angebotsorientierte System der Versorgung mit Energieträgern ist durch ein stärker nachfrageorientiertes System der Effizienzverbesserung und der volkswirtschaftlich preiswürdigen Bereitstellung von Energiedienstleistungen für den (Klein-)Verbraucher zu vervollständigen. Dieses wird zu einem integrierten System einer rationellen Energienutzung weiterentwickelt. Hierbei sind die vielfältigen Hemmnisse, welche die Substitution durch Energieeffizienztechnologien behindern, abzubauen. Dieses System der Effizienzverbesserung ist institutionell und organisatorisch abzusichern. Wesentlicher Bestandteil soll dabei das schon erwähnte Klimaschutzgesetz mit seinen Energieeinsparverordnungen und einer „Technischen Anleitung Energie“ sein. Diese bietet mit ihren spezifischen Vorgaben ein systematisches Geflecht von Vorgehensweisen zur Reduktion des Energieverbrauchs in verschiedenen Sektoren und Anwendungsbereichen an.

Folgende Instrumente sind als besonders geeignet hervorzuheben:

– Die bestehende Ökosteuer ist zur Verhinderung der Sozialisation ökologischer und sozialer Kosten des gesamten Energiesystems einschließlich des Verkehrssektors in eine Primärenergiesteuer umzuwandeln. Die bisherigen Ausnahmetatbestände werden gänzlich aufgehoben. Aus Gründen der Planungs- und Investitionssicherheit wird empfohlen, die Primärenergiesteuer durch eine kontinuierliche reale Anhebung des Steuersatzes zweijährig fortzuschreiben. Dabei sollte das Steueraufkommen gezielt für den Strukturwandel der Energiewirtschaft und des Verkehrswesens einschließlich sozialer Kompensationen verwendet werden.

– Schließlich sollte auch eine umfassende Finanzreform im Sinne unseres Grundgesetzes der Nachhaltigkeit vorgenommen werden. Hierbei müssen alle nachhaltigkeitsschädlichen Subventionen (Dieselverbilligung, Steuerbefreiung von Flugtreibstoffen, Entfernungspauschale in der heutigen Form) sowie Steuerbelastungen von erneuerbaren Energieträgern und des nachhaltigen öffentlichen Verkehrs aufgehoben werden.

– Zur Finanzierung von Motivations-, Informations- und Weiterbildungskampagnen (mit den Themen: Regenerative Energieträger, Energieeffizienz, Energieeinsparung, Nutzung energieärmerer Verkehrsformen) sollte ein Fonds dienen, der aus einer langfristig gesicherten Umlage auf die Erlöse der Strom- und Gasnetzbetreiber und/oder aus einem Teil des Aufkommens der Primärenergiesteuer (s. o.) gespeist wird.

– Eine systematische Aufarbeitung und schrittweise Beseitigung administrativer und rechtlicher Hemmnisse ist schließlich unerlässlich. Ebenso ist der systematische Aufbau einer Infrastruktur für nachhaltige Energieversorgung und für ein nachhaltiges Verkehrswesen nötig. Es bedarf hierzu neuer Institutionen und Planungsgrundlagen (z. B. für „dezentrale Energienetze“, „Stadt, Region und Land der kurzen Wege“, „Solararchitektonische Innenstadt“, „Bunt blühende, grüne Wiesen statt versiegelter Gewerbeflächen im Außenbereich“ etc.).

– Für nachträgliche Wärmeschutzmaßnahmen im Gebäudebestand und für die Einführung von rationeller Heizungs- und Warmwasserbereitungstechnik auf der Basis regenerativer Energieträger im Rahmen von ohnehin anstehenden Sanierungsmaßnahmen ist ein integriertes Maßnahmenbündel besonders dringlich, da hier ein wirtschaftliches CO_2-Minderungspotenzial von bis zu 50 % realisierbar ist. Im Zentrum eines solchen Bündels sollten ein zinsgünstiges Kreditprogramm sowie ein breit angelegtes Informations- und Beratungsprogramm stehen.

7.3.7 Aktivierung von Verhaltenspotenzialen

Schon mit dem Einstieg in die Wende zur nachhaltigen Energiewirtschaft in der nächsten Legislatur, die schon als Wende zur solaren Vollversorgung aufgefasst werden soll, muss die Bevölkerung über deren Sinn, Ziel und Maßnahmen im Rahmen einer breit und besonders eingängig angelegten Kampagne informiert werden. Die Möglichkeiten, durch Verhaltensänderungen und durch mehr Suffizienz Energie einzusparen, Mobilität zu vermeiden oder per Fuß und Fahrrad zu realisieren, müssen mit professionellen Kampagnen den Menschen nahe gebracht werden. Hierbei muss die besondere Verknüpfung von nachhaltigem Verhalten und Gesundheit herausgestellt werden. Zudem muss energiesparendes und Mobilität vermeidendes Verhalten im Lebensalltag belohnt werden. In Frage kommen hierzu – abgesehen vom Vorteil verminderter oder vermiedener Primärenergiesteuer – bei niedrigen Einkommen und Kleinverbrauchern: Energiegutschriften, verbilligte 50 %-Bahncards, bei Krediten für erneuerbare Energieträger Zinsverbilligungen und tilgungsfreie Jahre in Abhängigkeit vom Einkommen.

7.3.8 Sicherung und Ausweitung von Akteursvielfalt

Zur Umsetzung der vorgenannten Maßnahmen und Instrumente ist es sinnvoll, die Vielfalt von Akteuren zu erweitern und dauerhaft zu etablieren. Da die als nachhaltig beschriebenen Technologien häufig direkt durch Verbraucher oder verbrauchsnah zum Einsatz kommen können, gilt es, die kleinen Produzenten und Selbstversorger rechtlich und gegenüber etablierten Akteuren des Energiemarktes organisatorisch und wirtschaftlich zu stärken.

7.3.9 Forschungs- und bildungspolitische Offensive

Es wird empfohlen, eine forschungs- und bildungspolitische Offensive zu starten. Ein zentrales Element sollte sein, Energieeffizienz und erneuerbare Energien durch konkrete, die wissenschaftlichen Grundlagen erweiternde und/oder die Produktions- und Produkteffizienz steigernde

Projekte in Gewerbe, Industrie und Hochschulen zu unterstützen und in den Curricula insbesondere technischer und naturwissenschaftlicher, aber auch sozialwissenschaftlicher Studiengänge zu verankern. Ein weiterer Schwerpunkt sind Projekte zur Weiterentwicklung erneuerbarer Energietechniken und zugehöriger Materialien (z. B. von Solarzellen aus Farbstoffen, Polymeren etc.), sowie zur Entwicklung und Optimierung dezentraler Netze für Strom und Wärme.

7.3.10 Energiepolitische Initiativen auf europäischer und globaler Ebene

Im Zentrum der energiepolitischen Initiativen Deutschlands auf der Europäischen und der globalen Ebene sollten – neben der Demokratisierung der Institutionen von UN und EU – Schritte zur Schaffung transparenter und gleicher Rahmenbedingungen, zur Beendigung des Euratom-Vertrages, sowie dessen Ersatz durch ein eigenständiges Energie-Kapitel stehen. Als Teil dieses neuen EU-Kapitels sollte zur Unterstützung und langfristigen Absicherung der nationalen genauso wie der europäischen Ziele die EU-weite Forcierung der Energieeffizienz bei der Endanwendung, die Förderung regenerativer Energietechnologien und die Unterstützung von KWK-Technologie zusammen mit dezentralen Versorgungsnetzen verankert werden.

Nicht zuletzt aufgrund der unmittelbaren Nachbarschaft Deutschlands zu osteuropäischen Beitrittsländern wird eine aktive Begleitung der Osterweiterung der EU auch in energiepolitischer Hinsicht durch die Kommission als vordringlicher Bestandteil deutscher EU-Politik bewertet. Hierbei muss alles getan werden, um einen neuen Schub von Arbeitslosigkeit in den Beitrittsländern, aber auch in Deutschland zu verhindern. Die Beitrittsländer müssen zum Erreichen des Ziels einer nachhaltigen Energieversorgung ohne Einbußen bei der Beschäftigung mit rechtlichem Know-how, finanziell, mit politisch-strukturellem Know-how und technologisch unterstützt werden. Weiter sollten diese Staaten bei der Durchführung von Energieeffizienzmaßnahmen etwa im Wohnungsbau Hilfe erhalten. Ein Schwerpunkt der Maßnahmen sollte auf die Sanierung des Kraftwerksbestands abzielen, wo neben neuesten und effizientesten auch regenerativen Technologien zum Einsatz verholfen werden sollte; dies nicht zuletzt mit dem ausdrücklichen Ziel, die Nutzung der Atomenergie kurzfristig zu beenden.

Auf globaler Ebene tritt Deutschland für die Implementierung des Grundgesetzes der Nachhaltigkeit (siehe Sondervotum Kapitel 2) in die UN-Charta ein. Die Institutionen der UN wie auch der globalen Wirtschaft (IWF, Weltbank, WTO, ILO, etc.) werden dazu nicht nur demokratisiert, sondern sie werden dem globalen Regime der Nachhaltigkeit im Sinne unseres Grundgesetzvorschlags angepasst. Damit würden auch die energiepolitischen Leitlinien, die sich hieraus ableiten, für die globale Staatengemeinschaft gelten.

Anlässlich der bevorstehenden UN-Konferenz in Johannesburg und der verschiedenen Vorläuferkonferenzen, wie der auf Bali (PrepCom IV), stellen wir fest:

Die allzu defensive Position der Bundesregierung gegenüber den Blockierer-Ländern USA, Kanada und Ausstralien muss aufgegeben werden. Für einen konsequenten Weg zu Klimaschutz und Zukunftsfähigkeit muss Deutschland mit möglichen globalen Koalitionspartnern (z. B. skandinavische Länder, Niederlande, vom Klimawandel bedrohte Entwicklungsländer, umweltorientierte NGOs) zusammenarbeiten. Zur Durchbrechung der systematischen Blockade der Klima- und Nachhaltigkeitsverhandlungen bedarf es einer klugen Strategie zusammen mit solchen Partnerländern, aber auch mit den umweltorientierten NGOs. Vorstellbar ist dabei eine Taktik, mit Hilfe dieser NGOs Einfluss auf Medien und Öffentlichkeit in den Blockiererländern zu bekommen. Selbstverständlich gehört dazu auch, die EU-Länder mehrheitlich in diese Strategie einzubinden.

7.3.11 Transfers in Entwicklungs-, Schwellen- und Transformationsländer

Die notwendigen nationalen Anstrengungen zur Entwicklung nachhaltig zukunftsfähiger Energiesysteme sind parallel durch einen weitgehenden Finanz-, Technologie- und Know-how-Transfer in Entwicklungs-, Schwellen- und Transformationsländer zu flankieren. Dies ergibt sich zwingend aus dem globalen Charakter des Klimaschutzproblems und der entwicklungspolitisch motivierten Unterstützung einer ökologischen, sozialen und wirtschaftlich nachhaltigen Zukunft in den Entwicklungs- und Schwellenländern. Hierfür ist eine Transferoffensive für regenerative Energie- und Effizienztechnologien in Entwicklungs- und Schwellenländern zu starten. Bei Technologien und Maßnahmen für eine nachhaltige Mobilität wird analog verfahren. Ziel dieser Initiativen sollte der Aufbau eigener Produktionskapazitäten für angepasste Energie-Technologien und eigenständige Strukturierungen einer nachhaltigen Mobilität in den jeweiligen Ländern sein.

Sondervotum der Fraktionen von CDU/CSU und FDP einschließlich der von ihnen benannten Sachverständigen zum Gesamtbericht

Gliederung

Seite

Literaturverzeichnis

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, BMWi 2000, Energie Daten 2000, Bonn.

Kleemann M. et al. (2002): Klimaschutz und Beschäftigung durch das KfW-Programm zur CO_2-Minderung und das KfW-CO_2-Gebäudesanierungsprogramm, Studie im Auftrag der Kreditanstalt für Wiederaufbau, Noch unveröffentlicht, Jülich.

Kolke, R.: Technische Optionen zur Verminderung der Verkehrsbelastungen. Brennstoffzellenfahrzeuge, Umweltbundesamt, Berlin, 1999

Kommission der Europäischen Gemeinschaften, Mitteilung an den Rat, das europäische Parlament, den Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen über alternative Kraftstoffe für den Straßenverkehr und ein Bündel von Maßnahmen zur Förderung der Verwendung von Biokraftstoffen, Brüssel den 7.11.2001, KOM(2001)54/endgültig

Krewitt, W. (1998): Health Risks of Energy Sytems. Journal of Risk Analysis, Vol. 18, No. 4, 1998

Lovins, A.: Hypercars – the next industrial revolution, Snowmass, Colorado, 1996

Marheineke, T., et al. (2000): Ganzheitliche Bilanzierung der Energie- und Stoffströme von Energieversorgungstechniken. IER-Forschungsbericht Band 74, Institut für Energiewirtschaft und rationelle Energieanwendung, Stuttgart, 2000

Marheineke, T. (2002): Lebenszyklusanalyse fossiler, nuklearer und regenerativer Stromerzeugungstechniken. Dissertation in Vorbereitung. Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Stuttgart, 2002

Markewitz, P., Vögele, S.: Kraftwerksüberkapazitäten in Deutschland. Energiewirtschaftliche Tagesfragen 52. Jahrgang (2002), Heft ½, S. 36–39

Pehnt, M.; Nitsch, J.: Einsatzfelder und Marktchancen von Brennstoffzellen in der industriellen und öffentlichen Kraft-Wärme-Kopplung. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Institut für Technische Thermodynamik, Abteilung Systemanalyse und Bewertung.

Priddle, R. in Enquete Kommission „Nachhaltige Energieversorgung ...“, Protokoll zur Anhörung „Weltweite Entwicklung der Energienachfrage und der Ressourcenverfügbarkeit“ am 17. Oktober 2000

PROGNOS 1999, Die längerfristige Entwicklung der Energiemärkte im Zeichen von Wettbewerb und Umwelt, Untersuchung im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie, Basel.

SBA (1998): Statistisches Bundesamt: Im Blickpunkt: Die Bevölkerung der Europäischen Union heute und morgen – mit besonderer Berück-sichtigung der Entwicklung in Deutschland, Stuttgart, Metzler-Pöschel, 1998, ISBN 3-8246-0295-4.

Schaper, S., Unerwünschte Effekte der EU-Altautorichtlinie auf ökologische Fahrzeugkonzepte, VDI-Berichte 1653, S. 471– 485

Schiffer H.-S. 2002, Deutscher Energiemarkt 2001, Energiewirtschaftliche Tagesfragen 52. Jg. 2002, Heft 3.

Schindler, V., Kraftstoffe für morgen, Springer Verlag, 1997

Schindler, V., Fuel for tomorrows cars – do we have to leave the hydrocarbons?, Society of Automotive Engineers 2001, 01ATT-157

Schwartz, M. A. in Enquete Kommission „Nachhaltige Energieversorgung ...“, Protokoll zur Anhörung „Weltweite Entwicklung der Energienachfrage und der Ressourcenverfügbarkeit“ am 17. Oktober 2000

Szenarienerstellung für die Enquetekommission, Prognos AG, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung und Wuppertaler Institut, Basel, Stuttgart, Wuppertal, Mai 2002

UBA (1999): Politikszenarien für den Klimaschutz II, Szenarien und Maßnahmen zur Minderung von CO_2-Emissionen in Deutschland bis 2020 (unveröffentlicht), bearbeitet von DIW; FZJ-STE, FZJ-TFF, FhG-ISI, Öko-Institut, Berlin, Jülich, Karlsruhe.

VDEW Materialien: Endenergieverbrauch in Deutschland 2000, M21/2001, Frankfurt, Dezember 2001

VES, Statusbericht der Task-Force an das Steering-Committee (Januar 2000)

Voß, A. (2002): LCA/External Costs in Comparative Assessment of Electricity Chains. Decision Support for Sustainable Electricity Provision? in: Externalities and Energy Policy: The Life Cycle Analysis Approach. Workshop proceedings, Paris, France, 15–16 November 2001. Nuclear Energy Agency/ OECD, Paris, 2002

Ziesing H.-J. 2001, CO2-Emissionen: Trendwende noch nicht in Sicht, DIW-Wochenbericht 45/01, Berlin.

Zoche, P., Kimpeler, S., Joepgen, M., Virtuelle Mobilität: Ein Phänomen mit physischen Konsequenzen?, Springer, 2001

1 Fazit der Kommissionsmitglieder von CDU/CSU und FDP zum Abschluss der Arbeiten der Enquete-Kommission

1.1 Nachhaltige Energieversorgung – das Fundament unserer Volkswirtschaft

Eine nachhaltig zukunftsfähige Energiepolitik ist die Basis für die ökonomische, soziale und ökologische Wohlfahrt eines Staates, insbesondere für eine Industrienation wie die Bundesrepublik Deutschland. Deshalb hat der Deutsche Bundestag am 13. März 2000 auf Antrag der CDU/CSU die Enquete-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und der Liberalisierung“ eingesetzt, die sich die Aufgabe gestellt hat, Handlungsempfehlungen zu einer nachhaltigen zukunftsfähigen Energieversorgung zu entwickeln.

Die mittel- und langfristige Wirkung heutiger Entscheidungen fordert in einer Demokratie über Parteigrenzen hinweg eine Verständigung über die Rahmenbedingungen einer zukunftsfähigen Energiepolitik, damit wechselnde Mehrheiten nicht zu unkalkulierbaren Veränderungen und damit auch zu Investitionsrisiken am Standort Deutschland führen. Ohne verlässliche Rahmenbedingungen und die Investitionsbereitschaft der Betroffenen ist eine positive Veränderung bestehender Strukturen nicht zu erreichen.

1.2 Warum ein eigener Bericht notwendig ist

Nach über zwei Jahren Arbeit muss festgestellt werden, dass ein breiter Konsens über die Antworten auf zentrale Fragen zu unserer zukünftigen Energieversorgung und damit ein gemeinsamer Endbericht nicht zu verwirklichen waren. Zur Vorlage eines eigenen Endberichts wurden die Kommissionsmitglieder von CDU/CSU und FDP veranlasst durch die Tatsache, dass die Mehrheit von SPD und Bündnis 90/Die Grünen ein hoheitlich-interventionistisches, in vielen Fragen nur nominell marktwirtschaftliches Staatsverständnis zugrunde legt. Daraus ergibt sich zwangsläufig eine schleichende Aushebelung der marktwirtschaftlichen Ordnung, die nicht gewährleistet, dass die verschiedenen Aspekte einer umfassend verstandenen Nachhaltigkeit in angemessener Gewichtung berücksichtigt werden. Es ist daher davon auszugehen, dass die Ergebnisse der Mehrheit sich als nicht nachhaltig erweisen werden.

Hinsichtlich des Verfahrens hat sich die Mehrheit von SPD und Bündnis 90/ Die Grünen nicht an die ursprünglich getroffenen und von ihnen selbst vorgeschlagenen Verabredungen gehalten. Vielmehr haben sie mehrfach ihre Mehrheitsbeschlüsse widerrufen oder neue Verfahrenswege durchgesetzt, die in erheblichem Maße die Arbeit der Minderheit eingeschränkt und ihre parlamentarischen Minderheitsrechte beschnitten haben. Regelmäßig ist seitens der Kommissionsmitglieder von CDU/CSU und FDP auf diesen Missstand hingewiesen worden mit der Bitte, zeitliche Engpässe auszuräumen und so die Chance einer konstruktiven Mitarbeit sicherzustellen.

Die Mehrheit hat diese Probleme verbal anerkannt, war aber offensichtlich nicht in der Lage, ihre Arbeit entsprechend zu organisieren. So hat sie z. B. die den Oppositionsfraktionen ursprünglich eingeräumte Beratungsfrist von vier Wochen dadurch ausgehebelt, dass in den Sitzungen zu einzelnen Kapiteln nur bruchstückhafte und somit nicht beratungsfähige Texte zum Endbericht vorgelegt wurden. Das Verfahren eskalierte mit der letzten Sitzung der Enquete-Kommission am 24. Juni 2002, in der beabsichtigt war, den Endbericht zu verabschieden. Zu diesem Zeitpunkt lagen in vollständiger Form ausschließlich der von den Kommissionsmitgliedern von CDU/CSU und FDP verfasste Minderheitsbericht sowie mehrere Sondervoten der PDS vor. Die Texte der Mehrheit waren zu einem großen Teil immer noch unvollständig, wurden zum Teil als Tischvorlage präsentiert (und das bei einem Umfang von mehreren hundert Seiten) und waren aus diesem Grund mangels Gelegenheit, sie zu lesen, nicht beratungsfähig.

Damit ist das parlamentarische Verfahren konterkariert: Die Minderheit ist gezwungen, sich ohne Kenntnis der Mehrheitstexte zu positionieren.

1.3 Nachhaltigkeitsstrategien – Gleichrangigkeit der drei Dimensionen ist entscheidend

Mit der Abkehr von der Gleichrangigkeit der ökologischen, ökonomischen und sozialen Ziele entfernt sich die Mehrheit der Kommissionsmitglieder von dem seit langem bestehenden gesellschaftlichen Grundkonsens zur Definition der Nachhaltigkeit, der zuletzt im Energiedialog 2000 des Bundeswirtschaftsministers Werner Müller über weite Bereiche von Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und gesellschaftlichen Gruppen bestätigt wurde.

Die Mehrheit der Kommission konzentriert sich im wesentlichen auf umweltpolitische und soziale Belange. Sie bedient sich eines interventionistischen Sozialstaates, der Eingriffe in beliebiger Zahl und Tiefe zulässt und ökologische Belange vorrangig berücksichtigt. Damit geht sie einen Weg, der die Volkswirtschaft unverhältnismäßig belastet.

Dieser technokratisch-planerische Ansatz behindert das freie Spiel der Marktkräfte und erschwert eigenverantwortlich kreative Lösungen. Insofern bauen die Empfehlungen der Kommissionsmehrheit auf dem Fundament eines bereits überwunden geglaubten Staatsverständnisses auf. Es war der Opposition nicht möglich, diese Wendung mit zu vollziehen.

Das von den Kommissionsmitgliedern von SPD und Bündnis 90/ Die Grünen postulierte Primat der Ökologie erschwert eine angemessene Abwägung mit sozialen und wirtschaftlichen Belangen sehr und wird damit dem Leitbild einer nachhaltigen zukunftsfähigen Entwicklung nicht gerecht. Ein Erfolg an der Klimaschutzfront darf nicht einher gehen mit verschlechterten Wirtschaftsverhältnissen und zusätzlichen Problemen der sozialen Sicherung – dies jedoch nimmt die Mehrheit der Kommission offenbar billigend in Kauf.

1.4 Konzept Nachhaltigkeit – demokratischer Verständigungs-, Such- und Lernprozess

Der grundsätzliche Ansatz der Arbeit der Enquete-Kommission ist nach dem Verständnis der Kommissionsmitglieder von CDU/CSU und FDP die intensive und vorurteilsfreie Suche nach Gemeinsamkeiten auf der Basis des Leitbildes einer nachhaltigen Energiepolitik, das sich an den drei gleichrangigen Säulen Ökonomie, Soziales und Ökologie orientiert.

Grundlage muss ein Konzept sein, das

– normativ-ethisch begründet ist und mit den Grundwerten Freiheit, Gerechtigkeit und Solidarität korrespondiert,

– mehrdimensional ist und ökonomische, ökologische und soziale Belange gleichermaßen abwägt,

– den marktwirtschaftlichen Suchprozess für die Erreichung von Nachhaltigkeitszielen nutzt,

– zukunftsorientiert ist und auch nachfolgende Generationen sowie die globale, internationale Perspektive mit einbezieht.

Die Mehrheit einer Legislaturperiode stellt nicht die Weichen für zwanzig, dreißig oder gar fünfzig Jahre. Die Zukunft ist offen. Deshalb ist nicht statischer Determinismus, sondern Vielfalt, Reversibilität und Flexibilität erforderlich, um auf dynamische Prozesse und auf noch nicht vorhersehbare Ereignisse angemessen reagieren zu können. Alternative Modelle müssen entwickelt, analysiert und bewertet werden. Monokausale Lösungen können in die falsche Richtung führen.

1.5 Flexible Zielvorgaben von heute eröffnen Gestaltungsräume von morgen

Eine Nachhaltigkeitsstrategie muss langfristig angelegt sein. Dabei dürfen Unsicherheiten unseres heutigen Informationsfundaments nicht außer Acht gelassen werden. Das gesellschaftliche Wissen explodiert. Laufend kommt es zu einem Neuzuwachs an Wissen, partiell aber auch zur Entwertung bisheriger Vorstellungen vom Handlungsbedarf und den Handlungsmöglichkeiten.

So kann man zwar bei den Hypothesen der Mehrheit der heutigen Klimaforscher von einem sich erhärtenden Wissen sprechen, durchaus denkbar ist es aber auch, dass neuere Forschungsergebnisse Korrekturen notwendig machen. Auch die Möglichkeiten künftiger Energieversorgung sind offen und zum Teil spekulativ. In einer dynamischen und komplexen Welt wird es für politische Entscheidungsträger darum immer schwieriger, alle Langfristimplikationen ihrer Entscheidungen zutreffend abzuschätzen. Nachhaltige Energiepolitik muss deshalb die Ungewissheiten und Unvollständigkeiten des Wissens berücksichtigen, so dass sich eine einseitige Ausrichtung (z. B. auf bestimmte Technologien) ohne Berücksichtigung von Effizienz und gegebenenfalls zu verzeichnenden unerwünschten Drittwirkungen sowie die Festlegung auf starre, quantitative Zielvorgaben systembedingt ausschließen.

1.6 Nachhaltigkeitspolitik – nur im EU-weiten und internationalen Zusammenhang erfolgversprechend

Nationale und damit isolierte Politikansätze reichen vor dem Hintergrund der globalen Herausforderungen nicht mehr aus. Vielmehr müssen Lösungen und Handlungsfelder in eine europäische und internationale Politik eingebettet sein.

Die Nachhaltigkeitspolitik der Mehrheit der Kommission orientiert sich nicht an diesem Grundsatz. Sie stellt vielmehr eine weitestgehend innenpolitisch bestimmte Programmatik dar, die Nachhaltigkeit an nationale Ziele und Maßnahmen koppelt und den Ausbau des Sozialstaates sowie den Umweltschutz in den Vordergrund rückt. Dabei greift sie direkt auf die Tagespolitik zurück, wobei sie sich die nicht erreichten Ziele der Bundesregierung zu eigen macht und sie als planerisch-technokratische Größen bzw. Vorhaben für die Zukunft postuliert. Sie lässt keine Entscheidungen im Rahmen eines Abwägungsprozesses zwischen ökonomischen, ökologischen und sozialen Belangen zu und schließt eine regelmäßige Überprüfung aus. Ein solches Konzept ist nicht zukunftsfähig.

Der Mehrheitsbericht blendet auch die Tatsache aus, dass Deutschland in die Europäische Union und in eine weltweite Arbeitsteilung eingebettet ist. In einer Welt, die sich um einen Abbau von Handelsbarrieren bemüht und – wie in der EU – einheitliche Märkte etabliert, kann man bestimmte Reaktionen bzw. Nebeneffekte nicht ausklammern. So muss z. B. eine Verteuerung deutscher Energieerzeugung durch eine hohe Subventionierung erneuerbarer Energieträger bei gleichzeitig forciertem Ausstieg aus der Kernenergie zu einem europäischen Energiepreisgefälle führen, das nicht nur den Verbraucher erheblich belastet, sondern in liberalisierten europäischen Energiemärkten ausländische Energieerzeuger begünstigt und einen Standortwechsel energieintensiver Wirtschaftszweige bewirkt. Diesen Implikationen kann sich Deutschland kaum entziehen. Sie bleiben aber von der Mehrheit unberücksichtigt.

Geradezu paradox ist, dass die Kommissionsmitglieder von SPD und Bündnis 90/Die Grünen auf der einen Seite den Nichtanstieg der Energiepreise zu ihrem Ziel erklären, auf der anderen Seite jedoch davon überzeugt sind, dass Nachhaltigkeit nur dann realisierbar ist, wenn die Preise die „ökologische Wahrheit“ widerspiegeln, d. h. um möglichst hoch angesetzte externe Kosten erhöht werden.

1.7 Nur klare marktorientierte Rahmenbedingungen stärken den Wirtschaftsstandort

Gefordert ist die Konstanz und Kalkulierbarkeit der Nachhaltigkeitspolitik. Systembrüche sind zu vermeiden. Die alleinige Verschärfung des Ordnungsrechts bzw. der Energiesteuern wirkt unter dem Gesichtspunkt der Belastbarkeit des Standortes Deutschland und seiner Wettbewerbsfähigkeit kontraproduktiv.

Der von der Mehrheit gewählte Weg ist ein ordnungspolitisch fragwürdiger. Er birgt die Gefahr einer unter dem Nachhaltigkeitsetikett vorgenommenen Transformation des marktwirtschaftlichen Systems, die offenbar bewusst in Kauf genommen wird.

Ein signifikantes Beispiel für eine solche fehlgeleitete Strategie liefert bereits die sogenannte Ökosteuer, an der auch weiterhin seitens der Kommissionsmitglieder von SPD und Bündnis 90/Die Grünen mit dem Ziel einer „ökologischen Finanzreform" festgehalten wird: Es handelt sich um eine Energiesteuer, die sich nicht am Kohlenstoffgehalt der Emissionen orientiert, zahlreiche Ausnahmeregelungen kennt, in starkem Maße fiskalischen Zwecken dient und in bestimmten Bereichen (etwa bei den Treibstoffen) mit dazu führt, dass die Preise zu über zwei Drittel staatlich determinierte Preise geworden sind. Folgt man den Vorschlägen der Kommissionsmehrheit, wird der Trend zur Preisverzerrung über Steuern und Subventionen noch zunehmen und die Rolle wettbewerbsgeprägter Märkte immer stärker zurückgedrängt. Zusammen mit neuen Regulierungen muss dies zwangsläufig zu einer Erosion des marktwirtschaftlichen Lenkungsmechanismus führen.

1.8 Energieszenarien – Grundlage für eine zukünftige Energieversorgung?

Die Implikationen bestimmter Strategien und Maßnahmenbündel befriedigend zu durchleuchten, erfordert komplexe Ansätze. Einfache Optimierungsmodelle müssen zwangsläufig versagen. Die Szenariotechnik, derer sich die Kommission bedient, kann ein geeignetes Verfahren zur Darstellung denkbarer zukünftiger Entwicklungen sein. Ihr Aussagewert ist maßgeblich abhängig von den zum Teil auch politisch vorzugebenden Parametern.

Szenarien sind geeignete Hilfsmittel zur rationalen Durchdringung komplexer Sachverhalte und unverzichtbar für den notwendigen Such- und Lernprozess im Rahmen einer zukunftsoffenen Nachhaltigkeitsstrategie. Keinesfalls können sie verbindliche Zukunftswege und -lösungen abbilden. Insoweit muss ihre Bedeutung im Rahmen der Enquete-Arbeit relativiert werden. Absolutheitscharakter haben sie nicht.

Kritik an dem Mehrheitsbericht besteht insbesondere hinsichtlich des methodischen Vorgehens, das Wirtschaftlichkeitsüberlegungen bewusst ausklammert. Jenseits der Tatsache, dass Analysen bei einem Zeitraum bis 2050 kaum wissenschaftlich vertretbar sind, findet eine explizite Berücksichtigung der ökonomischen Wirkungen im Mehrheitsbericht nur rudimentär statt; möglicherweise nachteilige Wirkungen werden systematisch klein gerechnet, Risiken mit maximalen Ansätzen berücksichtigt. Rückkoppelungseffekte auf ökonomische und sozial bedeutsame Größen (etwa wirtschaftliches Wachstum, Regional- und Sektoralstruktur, Beschäftigung und Einkommensverteilung) werden ausgeklammert.

1.9 Wie kann eine nachhaltige zukünftige Energieversorgung gestaltet werden?

Die Kommissionsmitglieder von CDU/CSU und FDP setzen im Gegensatz zur Mehrheit der Kommissionsmitglieder von SPD und Bündnis 90/Die Grünen auf den Erhalt der Vielzahl von Optionen in unserer heutigen Energieversorgung und auf die verstärkte internationale Einbindung einer Nachhaltigkeitspolitik, die sich der globalen Verantwortung und der Notwendigkeit globalen Handelns stellt.

Unsere heutige Energieversorgung basiert auf einem breiten Energieträgermix, der hohe Versorgungssicherheit gewährleistet und einen beachtlichen Optionswert besitzt. Dieser Optionswert darf nicht mutwillig vereitelt werden, indem man z. B. über den Ausstieg aus der Kernenergie oder der Braunkohle willkürlich auf den Einsatz einzelner Energieträger verzichtet. Genauso wenig darf der Energieträgermix einseitig zugunsten des Anteils regenerativer Energien, z. B. durch staatlich gesetzte Stromeinspeisetarife, Bonusregelungen, Quoten und ähnliche Markteingriffe verändert werden. Auch die Schaffung einer ausschließlich dezentralen Energieversorgung beschränkt ohne Not die zur Verfügung stehenden Optionen.

Dies ist nicht nur ein planwirtschaftlicher Weg, der die Marktteilnehmer in der Problemlösung in Energie- und Umweltfragen reduziert, sondern auch ein Weg, der sich bei Fortentwicklung unseres heutigen Wissens als falsch erweisen kann und darum angesichts seiner Einseitigkeit mit erheblichen Risiken behaftet ist. Insbesondere ist der Weg der Kommissionsmehrheit mit ökonomischen Risiken verbunden, da es nicht nur zu einem beachtlichen Anstieg der Subventionen, sondern auch der Preise kommen muss. Losgelöst von den hierdurch induzierten negativen Verteilungseffekten wird es mit größter Wahrscheinlichkeit zu einer Reduktion der Wachstumsraten und zu vermehrten regionaler Strukturproblemen kommen.

Vorrangig ist daher, sich in Deutschland zunächst vor allem auf die Stimulierung technischer Entwicklungen zu konzentrieren, und zwar nicht nur ausschließlich im Bereich regenerativer Anlagen, sondern auch bei anderen Hochtechnologien. Denn auch mit unserem Wissen und technischen Know-how sowie mit dem Einsatz hocheffizienter Kohlekraftwerke („Clean-Coal-Technology") sowie der Kernenergienutzung mit neuesten Technologien können weltweit enorme Emissionseinsparungen erfolgen.

1.10 Nachhaltige Energiepolitik erfordert verstärkte Anstrengungen im Bereich Forschung und Entwicklung

Forschung und Entwicklung sind die Voraussetzung für den notwendigen technischen Fortschritt und für Innovationen. Durch gezielte Forschungsaktivitäten muss die Entwicklung heute noch nicht wettbewerbsfähiger Technologien sowie die Weiterentwicklung ökologisch und ökonomisch effizienter Technologien und Kraftstoffe in allen Bereichen der Energiedienstleistung von Politik und Wirtschaft gleichermaßen vorangetrieben werden. Dabei muss eine breit angelegte Forschungs- und Entwicklungspolitik die Option für die Nutzung aller Energieträger offen halten. Das Verbot einzelner Technologien oder die Festlegung auf bestimmte Energieträger in Deutschland schadet dem Hightech-Standort und damit der Beschäftigung.

Angesichts der mittel- und langfristigen Bedeutung der fossilen Energieträger für die internationale Energiever-

sorgung, muss neben der Fortführung der Energieforschung in den Bereichen erneuerbare Energien, Kernspaltung und -fusion ein besonderes Augenmerk auf die fossilen Technologien gerichtet werden. Die Hauptziele bei der Weiterentwicklung fossilbefeuerter Kraftwerke sind hohe Wirkungsgrade zur Schonung von Energieressourcen und zur Reduzierung der Umweltbelastungen sowie niedrige Life-Cycle-Kosten zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit. Langfristig besteht darüber hinaus die Möglichkeit, durch verstärkte Anstrengungen im Bereich Forschung und Entwicklung z. B. auf dem Gebiet der Dekarbonisierung, weitere CO_2-Minderungspotenziale für alle fossilen Technologien zu erschließen.

1.11 Internationalisierung unverzichtbar

Die Einbeziehung der weltweit zu verzeichnenden Entwicklung in eine zukunftsfähige Strategie ist in einer Zeit zunehmender Globalisierung unverzichtbar. Vor allem aber ist die Berücksichtigung der Belange der Entwicklungs- und Schwellenländer nicht nur moralisch, sondern auch für die Lösung der Zukunftsprobleme der Menschheit geboten. Daher kommt den Industrieländern wie der Bundesrepublik Deutschland die Verpflichtung zu, durch Konzentration auf wissensbasierte und kapitalintensive Energietechnologien die Weltmärkte im Interesse der Schwellen- und Entwicklungsländer zu entlasten. Darüber hinaus müssen auch durch Entwicklung angepasster Technologien und die Unterstützung von Export von Know-how sowie Kapital diese Länder in die Lage versetzt werden, ihren unverzichtbaren Entwicklungsprozess ökologie- und sozialverträglich zu gestalten. Denn nur so werden diese Länder bereit und in der Lage sein, ihrerseits längerfristig bindende Verpflichtungen im Rahmen internationaler Vereinbarungen zu übernehmen.

1.12 Schlussbemerkung

Die Abgeordneten und Sachverständigen von CDU/CSU und FDP bedauern, dass keine gemeinsamen Lösungen gefunden worden sind. Bereits die inhaltlichen Grundannahmen aber auch die verfahrensmäßige Abwicklung der Arbeit in der Enquete-Kommission haben ein gemeinsames Papier mit den Mehrheitsfraktionen unmöglich gemacht. Gleichwohl erfordert es die Verantwortung für ein langfristig und zukunftsfähiges Handeln, das eigene Konzept als Minderheitsvotum vorzulegen. Unser Bericht soll Hinweise und Handlungsempfehlungen für die Ausgestaltung einer nachhaltigen zukunftsfähigen Energiepolitik geben.

Umso wichtiger ist es, angesichts dieser Situation, in den kommenden Legislaturperioden mehr Gemeinsamkeiten zu erarbeiten. Das Ziel der Schaffung verlässlicher langfristiger Rahmenbedingungen für eine nachhaltige Entwicklung der Energieversorgung darf nicht aufgegeben werden.

2 Herausforderungen nachhaltig zukunftsfähiger Energiepolitik

2.1 Vorbemerkung

Die Verfügbarkeit von nutzbarer Energie ist eine der zentralen Fragen der Menschheit und gehört neben der Verfügbarkeit von Wasser und Nahrung zu den Lebensgrundlagen einer immer noch wachsenden Weltbevölkerung. Sie ist somit eine wichtige Basis für wirtschaftliche und soziale Entwicklung.

Trotz der in der Vergangenheit erreichten Erfolge im Hinblick auf eine Steigerung der Energieeffizienz und Verminderung der Emissionen entspricht eine Fortsetzung des heutigen Trends weltweit nicht einer nachhaltigen Entwicklung.

Immer noch leben viele Menschen auf der Erde in großer Armut. Der Zugang zu zuverlässiger und bezahlbarer Energie ist für Milliarden Menschen auf der Welt derzeit nicht möglich. Die stetige Weiterentwicklung der Energieversorgung ist Voraussetzung für ein weltweites wirtschaftliches Wachstum, für die ökonomische und soziale Wohlfahrt und damit für die Minimierung möglicher Umweltbelastungen.

Die Belastungen für die Umwelt, die weltweit nicht erkennbar abgenommen haben, resultieren vor allem, wie auch der zum Teil anthropogen verursachte Klimawandel, aus nicht geschlossenen Stoffkreisläufen und daraus resultierenden Stofffreisetzungen im Zusammenhang mit der Nutzung von Ressourcen.

Trotz beachtlicher Fortschritte in den letzten Jahren haben sich die Probleme, die zu der Rio-Konferenz[1] geführt haben, nicht grundlegend verändert. Die in der Folge erarbeiteten Konzepte haben zu einem Leitbild einer nachhaltig zukunftsfähigen Entwicklung geführt. Dieses Leitbild beruht auf der Gleichwertigkeit der drei Dimensionen: Ökologie, Ökonomie und Soziales.

Der zum Teil anthropogen verursachte Klimawandel wird nach heutigem Wissensstand des Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC[2] durch die Zunahme der sogenannten Klimagase oder Treibhausgase (THG) in der Atmosphäre bewirkt. Klimagase entstehen im großen Umfang aus der Nutzung fossiler Energieträger, insbesondere in den Bereichen des stationären Energieverbrauchs (Strom, Wärme, Prozessenergie) und des Verkehrs.

Je nach Anlage seiner Modellrechnungen konstatiert das IPCC eine Erhöhung der mittleren Temperatur für die nächsten hundert Jahre zwischen 1,4 und 5,8 Grad Celsius. Im Rückblick auf das Klimageschehen der letzten 140 Jahre wird ein Anstieg der bodennah gemessenen Weltmitteltemperatur mit 0,6 Grad Celsius festgestellt.

Der IPCC-Bericht muss auf Basis der den Modellrechnungen zugrunde gelegten Annahmen und Wahrscheinlichkeiten umfassend gewürdigt werden. Er gibt die Meinung der Mehrheit der Forscher wieder. Allerdings lässt der Bericht viele Fragen hinsichtlich Ursache, Entwicklung und Folgen von Klimaveränderungen offen.

---

[1] Konferenz für Umwelt und Entwicklung der Vereinten Nationen (UNCED) in Rio de Janeiro, 1992.

[2] Von der World Meteorological Organisation UNEP eingesetzter internationaler Verbund von Wissenschaftlern. Er hat sich in bisher drei großen Assessment Reports und mehreren Spezialgutachten zur anthropogenen Einflussnahme auf das Klima der Erde und zu den damit verbundenen Folgen geäußert. Siehe hierzu http://www.ipcc.ch.

Die erwarteten Klimaveränderungen werden sich aller Voraussicht nach auf alle Regionen dieser Welt auswirken. Jedoch muss berücksichtigt werden, dass ein Rückschluss auf regionale und lokale Klimaausprägungen selbst unter dem Einsatz der leistungsfähigsten Rechner derzeit kaum möglich ist. Damit erweist sich die konkrete Ableitung von Schäden als außerordentlich schwierig. Hinzu kommen die grundsätzlichen Probleme einer Beeinträchtigung immaterieller Werte sowie der adäquaten Diskontierung über lange Zeiträume.

Eine dem Vorsorgegedanken folgende Strategie, die gleichermaßen die Fragen einer nachhaltigen Entwicklung und der politischen Machbarkeit berücksichtigt, muss zunächst an den „No-regret“-Potenzialen ansetzen. Damit lassen sich die Kosten niedrig halten und Zielkonflikte vermeiden.

Neben den häufig ausschließlich diskutierten Minderungsmaßnahmen bei klimarelevanten Emissionen muss in einer Parallelstrategie auch eine Strategie der möglichen Anpassung verfolgt werden. Das IPCC hat in einer Arbeitsgruppe[3] einen Handlungsrahmen für diese Parallelstrategie entwickelt.

Vor dem Hintergrund des anthropogenen Klimawandels diskutieren die im Deutschen Bundestag vertretenen Parteien ambitionierte Ziele, die Emissionen an CO_2 bzw. Klimagasen zu senken, wie z. B. die Absenkung der Klimagasemissionen um bis zu 80 % in den nächsten 50 Jahren. Derart weitgehende Ziele sind mit der ökonomischen und sozialen Dimension von nachhaltiger Entwicklung wohl nur dann vereinbar, wenn konsequent alle kosteneffizienten Optionen für eine „klimagasfreie“ Energieerzeugung genutzt werden und auch mit dem entsprechenden Aufwand an Forschung und Entwicklung im Rahmen eines umfangreichen nationalen Programms bearbeitet werden.

Ein weiterer Schritt der 1990 begonnenen Politik für eine nachhaltige Entwicklung war die Ratifizierung des „Kioto-Protokolls“ im Deutschen Bundestag in der jetzigen Legislaturperiode.

Die weltweiten Auswirkungen der Umweltprobleme fordern ein weltweit gesamtheitliches Handeln. Die weniger entwickelten Länder, in denen die Bevölkerung rasch wächst, haben wie die Industriestaaten einen Anspruch auf wirtschaftliches Wachstum und Wohlstand. Dies aber setzt eine ausreichende und sichere Versorgung an preiswerter Energie ohne weitere Zunahme der Umweltbelastung voraus.

Die Rahmenbedingungen für eine nachhaltige Energieversorgung zu gestalten, gehört zu den großen Herausforderungen im 21. Jahrhundert. Die Rahmensetzung muss demokratischen Entscheidungsprozessen unterworfen sein. Lösungsansätze sind nur dann möglich, wenn dabei neben notwendigen Visionen der Realitätsbezug nicht aufgeben wird. Schnelle und vermeintlich „einfache“ Lösungen sind nicht zu erwarten. Forschung, Entwicklung und Innovation erhalten bei der Lösung der anstehenden Probleme eine herausragende Bedeutung. Die Entwicklung neuer Technologien, mit dem Ziel der Vermeidung von Klimagasemissionen und der Verbesserungen der Effektivität und Effizienz vorhandener Systeme, sind sowohl auf der Angebots- als auch auf der Nachfrageseite erforderlich.

3 IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)

2.2 Nachhaltige Entwicklung und ihre drei Dimensionen

Der Begriff „Sustainable Development“, nachhaltig zukunftsfähige Entwicklung,[4] wurde von der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung im Jahre 1987 (sogenannte Brundtland-Kommission[5]) geprägt. In ihrem Abschlussbericht „Our Common Future“ definierte die Brundtland-Kommission 1987 nachhaltig zukunftsfähige Entwicklung als „Entwicklung, die die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt, ohne zu riskieren, dass künftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können.“ Nachhaltig zukunftsfähige Entwicklung „erfordert, die Grundbedürfnisse aller zu befriedigen und für alle die Möglichkeit zu schaffen, ihren Wunsch nach einem besseren Leben zu befriedigen. (...) Im wesentlichen ist (nachhaltig zukunftsfähige Entwicklung) ein Wandlungsprozess, in dem die Nutzung von Ressourcen, das Ziel von Investitionen, die Richtung technologischer Entwicklung und institutioneller Wandel miteinander harmonieren und das derzeitige und künftige Potenzial vergrößern, menschliche Bedürfnisse und Wünsche zu erfüllen.“[6] Dies bedeutet einerseits die Verbesserung der ökonomischen und sozialen Lebensbedingungen für die heutige Bevölkerung, insbesondere in den Entwicklungs- und Schwellenländern, und andererseits die langfristige Sicherung der natürlichen Lebensgrundlagen und die Erweiterung der Entfaltungsmöglichkeiten für zukünftige Generationen.

Die Forderung nach einer nachhaltig zukunftsfähigen Entwicklung wurde 1992 von der Konferenz „Umwelt und Entwicklung“ der Vereinten Nationen in Rio de Janeiro aufgegriffen und in der Agenda 21 konkretisiert, die ein umfassendes Aktionsprogramm für eine nachhaltig zukunftsfähige Entwicklung im 21. Jahrhundert enthält. Im Verständnis der Rio-Deklaration beinhaltet das Leitbild „nachhaltig zukunftsfähige Entwicklung“ die gleichrangigen Forderungen nach

– schonender Nutzung und Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen (Life-Support-System),

4 Als deutsche Entsprechung für „sustainable development“ wurde in der deutschen Übersetzung des Brundtland-Berichtes ursprünglich der Begriff „dauerhafte Entwicklung“, in der ostdeutschen Übersetzung wurde der Ausdruck „stabile Entwicklung“ gewählt. Die Autoren der BUND/MISEREOR-Studie entschieden sich für „zukunftsfähige Entwicklung“, die Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ des 13. Deutschen Bundestages legte sich schließlich auf den Terminus „nachhaltig zukunftsfähige Entwicklung“ fest. Im Folgenden wird in Kontinuität zur genannten Enquete-Kommission deren Übersetzungsvariante genutzt.

5 Der 1987 von der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung unter der Leitung der damaligen norwegischen Ministerpräsidentin Gro Harlem Brundtland vorgelegte Bericht gilt als Wegbereiter für die heutige Definition von „Sustainable Development“.

6 Hauff (1987, 46 ff.).

– wirtschaftlicher Entwicklung und

– sozialer Entwicklung.

Diese drei Forderungen werden auch als die drei Dimensionen – Ökologie, Ökonomie und Soziales – einer nachhaltig zukunftsfähigen Entwicklung bezeichnet.

„Nachhaltige zukunftsfähige Entwicklung“ verstehen die Kommissionsmitglieder der CDU/CSU und FDP als ein Leitbild, das auf der Basis der gesellschaftlichen Grundwerte Freiheit, Gerechtigkeit und Solidarität die ethische Verpflichtung konkretisiert, den heute und zukünftig lebenden Menschen ein menschenwürdiges Leben in freier Selbstbestimmung zu ermöglichen. Bei der Realisierung dieses Leitbildes muss es das Ziel sein, die Voraussetzungen für eine Verbesserung der wirtschaftlichen und sozialen Lebensbedingungen aller Menschen, der heute und zukünftig lebenden, entsprechend ihren jeweiligen Bedürfnissen zu schaffen und zwar so, dass die natürlichen Lebensgrundlagen (das natürliche Life-Support-System der Menschheit) auf Dauer erhalten bleiben.

Vielfach wurde und wird der Begriff der Nachhaltigkeit nur auf die natürlichen Ressourcen einschließlich der Umwelt bezogen, deren Erhaltung unter dem Leitbild der nachhaltig zukunftsfähigen Entwicklung im Vordergrund steht und damit einseitig interpretiert wird.

Im Verständnis der Kommissionsmitglieder von CDU/CSU und FDP sind mit diesem Leitbild auch andere Bereiche jenseits der ökologischen Dimension angesprochen: Neben Umwelt und Natur müssen auch ökonomische, soziale und kulturelle Werte als konstitutive und gleichrangige Elemente für nachhaltige humane Lebensformen berücksichtigt werden. Damit folgen die Kommissionsmitglieder von CDU/CSU und FDP dem Ergebnis der Enquete-Kommission des 13. Deutschen Bundestages „Schutz des Menschen und der Umwelt“, die formuliert hat: „Zentrales Ziel des Nachhaltigkeitsanliegens ist die Sicherstellung und Verbesserung ökologischer, ökonomischer und sozialer Leistungsfähigkeiten. Diese bedingen einander und können nicht teiloptimiert werden, ohne Entwicklungsprozesse als Ganzes in Frage zu stellen. So ist die Herstellung von Gerechtigkeit oder Chancengleichheit aus primär sozialpolitischem Interesse nicht allein ein soziales Ziel, sondern auch Voraussetzung für langfristige ökonomische Leistungsfähigkeit und folglich auch ein ökonomisches Ziel. Auch ökologische Ziele können kaum umgesetzt werden, wenn es Menschen aufgrund ihrer materiellen Bedingungen schwer gemacht wird, Rücksicht auf ökologische Ziele zu nehmen. Ähnliche Überlegungen ergeben sich auch in umgekehrter Ziel-Mittel-Zweck-Relation.“[7]

Das Ziel einer nachhaltigen zukunftsfähigen Entwicklung beinhaltet somit auch eine wirtschaftliche Weiterentwicklung, um die Grundbedürfnisse und den Wunsch nach einem besseren Leben einer wachsenden Weltbevölkerung zu befriedigen. In Deutschland ist diese Weiterentwicklung erforderlich, um zentralen sozialen und gesellschaftlichen Anliegen entsprechen zu können.

[7] Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ des 13. Deutschen Bundestages, S. 33.

Die wechselseitigen Abhängigkeiten von ökologischen, ökonomischen und sozialen Leistungen als zentrale Elemente einer nachhaltigen zukunftsfähigen Energieversorgung bedingen eine ganzheitliche Betrachtung auf gleichrangiger Ebene sowie einen integrativen Ansatz. Daher muss zur Erreichung des Leitbildes einer nachhaltigen zukunftsfähigen Entwicklung nach Wegen gesucht werden, die humanen Lebensbedingungen, der Befriedigung von Bedürfnissen, dem sozialen Frieden und Zusammenleben sowie dem Erhalt der natürlichen Lebensgrundlagen gleichermaßen dienen.

Entscheidend für die Umsetzung des Leitbildes sind die Träger dieser Entwicklung. Nachhaltigkeit kann nicht „von oben“ verordnet werden, sondern bedarf der Anstrengungen aller gesellschaftlichen Kräfte. Notwendig sind innovative lern- und zur Selbstkritik fähige Menschen, die diesen Prozess tragen und kreative Wege zur Umsetzung beschreiten. Nur wenn Politik, Wirtschaft und Gesellschaft das Thema „Nachhaltigkeit“ zu ihrer eigenen Angelegenheit erklären und gemeinsam handeln, lässt sich das Ziel in einem angemessenen Zeitrahmen verwirklichen.

Eine wesentliche Voraussetzung dafür ist eine Präzisierung des allgemeinen Nachhaltigkeitskonzeptes und im Hinblick auf den Auftrag dieser Enquete-Kommission eine umsetzungsorientierte Konkretisierung für den Energiebereich.

Eine für die tragfähige Konkretisierung des Leitbildes nachhaltige zukunftsfähige Entwicklung bedeutsame naturwissenschaftliche Erkenntnis, die mit den Hauptsätzen der Thermodynamik beschrieben ist, besagt, dass Leben und damit auch die Schaffung humaner Lebensbedingungen sowie die Entfaltung wirtschaftlicher und kultureller Leistungen, der ständigen Zufuhr von arbeitsfähiger Energie und Materie bedarf. Leben ist also untrennbar mit der Entwertung von Energie verknüpft und geht mit einer Stoffentwertung einher.

Eine weitere aus dem naturwissenschaftlichen Wissen abzuleitende Erkenntnis lautet, dass die zentralen Umweltprobleme unseres heutigen Wirtschaftens aus der mit der Stoffentwertung verbundenen Stofffreisetzungen in die Umwelt, d. h. aus nicht geschlossenen Stoffkreisläufen resultieren.

Dies trifft insbesondere auch auf die energiebedingten Umweltbelastungen zu, deren Ursache die Freisetzung von Stoffen – von der Energieträgergewinnung bis zur Energiedienstleistung – ist.

Es ist also nicht die Nutzung der Arbeitsfähigkeit der Energie, die zu den heute diskutierten Umweltbelastungen führt, sondern vielmehr die mit dem jeweiligen Energiesystem verbundenen stofflichen Freisetzungen, wie z. B. das Schwefeldioxid oder das Kohlendioxid bei der Verbrennung von Kohle, Öl und Gas. Verdeutlichen lässt sich dies an der Nutzung der Sonnenenergie. Die solare Strahlung ist einerseits eine sehr große Quelle von arbeitsfähiger Energie, andererseits aber auch der bei weitem größte Entropiegenerator, weil nahezu die gesamte

Energie der solaren Strahlung nach ihrer Entwertung als Wärme bei Umgebungstemperatur in den Weltraum wieder abgestrahlt wird. Da ihre Energie, die solare Strahlung, nicht an einen stofflichen Energieträger gebunden ist, resultieren aus dieser Energieentwertung (Entropieerzeugung) auch keine Umweltbelastungen im heutigen Sinne. Dies schließt natürlich Stofffreisetzungen und damit verbundene Umweltbelastungen im Zusammenhang mit der heutigen Herstellung von Anlagen zur Nutzung solarer Strahlungsenergie nicht aus. Die Stofffreisetzungen der verschiedenen Energiesysteme zur Bereitstellung von Energiedienstleistungen sind naturgemäß unterschiedlich und können durch technische Maßnahmen und neue Entwicklungen positiv beeinflusst werden.

Dieser Sachverhalt ist im Zusammenhang mit der ökologischen Dimension von Nachhaltigkeit deshalb von besonderer Bedeutung, weil er grundsätzlich die Möglichkeit einer Entkopplung von Energieverbrauch (Verbrauch von arbeitsfähiger Energie) und Belastung der Umwelt beinhaltet. Ein wachsender Verbrauch von arbeitsfähiger Energie und sinkende Umwelt- und Klimabelastungen sind somit kein Widerspruch. Für die nachhaltige Nutzung der Umwelt sind die umweltbelastenden Stofffreisetzungen und Stoffeinträge nach Möglichkeit zu reduzieren bzw. zu begrenzen, nicht aber notwendigerweise die anthropogen genutzten Energiemengen.

2.3 Energieversorgung in gesamtwirtschaftlicher Sicht

Eine wettbewerbsfähige Energieversorgung, insbesondere für eine Industrienation wie Deutschland, ist das Fundament für internationale Wettbewerbsfähigkeit. Mit rund 14 200 Petajoule und 82 Mio. Einwohnern ist der deutsche Energiemarkt der größte Verbrauchermarkt in der Europäischen Union. Er wird auf 138 Mrd. €[8] geschätzt, wobei der Anteil am deutschen Bruttoinlandsprodukt 2025 Mrd. €[9] damit fast 7 % ausmacht (Jahr 2000).

Die Abschätzungen der weltweiten Entwicklung des Energieverbrauchs weisen große Bandbreiten auf. Sie gehen, abhängig von Art und Umfang politischer Eingriffe, von einer Stabilisierung, einem leichten Anstieg bis sogar einer Verdoppelung des Energieverbrauchs in dem zu betrachtenden Zeitraum bis 2050 aus. Ein relativ hoher Verbrauchszuwachs wird in den Entwicklungs- und Schwellenländern erwartet. Maßgebliche Faktoren hierfür sind das geschätzte Wachstum der Bevölkerung von derzeit 6 Mrd. Menschen auf etwa 10 Mrd. im Jahre 2050. Das anhaltende Wirtschaftswachstum in den Industriestaaten sowie ein erheblicher wirtschaftlicher Aufholprozess in den Schwellen- und Entwicklungsländern löst weiteren Verbrauchszuwachs aus. Es wird erwartet, dass die Zuwachsraten in den Entwicklungs- und Schwellenländer, vor allem China und Indien, höher ausfallen als in den Industriestaaten.

Neben der Unsicherheit des Energieverbrauchszuwachses besteht das Problem einer belastbaren Vorhersage der Verfügbarkeit zukünftiger Energieträger. Dies hängt im wesentlichen von der Bewertung der technischen, geologischen, ökonomischen und politischen Randbedingungen ab. Technischer Fortschritt, Preise, Neufunde und Neubewertungen von Lagerstätten können daher die Reservensituation stark beeinflussen. Bei der Interpretation der Reichweite wichtiger Ressourcen z. B. Erdgas- und Erdöllagerstätten und den daraus für die internationalen Energiemärkte abzuleitenden Schlussfolgerungen existieren sehr unterschiedliche Auffassungen. Die Kommissionsmitglieder von CDU/CSU und FDP folgen den Prognosen der Mineralölwirtschaft[10] und der Internationalen Energy Agency[11] (IEA), die in der Ressourcenverfügbarkeit für die nächsten 20 bis 30 Jahre kein Problem sehen und Aussagen über diesen Zeitraum hinaus als sehr unsicher und wenig belastbar ansehen. Es ist zu erwarten, dass die Energiepreise in den nächsten 20 Jahren sich nicht substantiell anders entwickeln als in den vergangen 20 Jahren. Natürlich ist auch in Zukunft mit kurzfristigen Preisfluktuationen zu rechnen.

Deutschland und die EU sind vom Import von Energieträgern abhängig. Die Importabhängigkeit wird im Trend in Deutschland und in der Europäischen Union weiter steigen. Prognosen der EU-Kommission zufolge werden 2020 in Deutschland drei Viertel und in der EU mehr als 70 % des Energieverbrauchs durch Importe gedeckt werden. Jedoch wird die Energieimportabhängigkeit durch die Globalisierung und die damit verbundene verstärkte internationale Zusammenarbeit und die weiter zunehmenden internationalen wirtschaftlichen Verflechtungen sowie durch den freien Zugang zu den Märkten relativiert.

2.4 Soziale Marktwirtschaft, der geeignete Ordnungsrahmen für eine nachhaltige zukunftsfähige Entwicklung

Neben der Erweiterung der technisch-wirtschaftlich verfügbaren Rohstoff- und Energiebasis durch technisch-wissenschaftlichen Fortschritt kommt unter dem Leitbild der nachhaltigen zukunftsfähigen Entwicklung dem haushälterischen Umgang mit Energie und allen anderen knappen Ressourcen, einschließlich der Umwelt, eine besondere Bedeutung zu. Wesentliches Element einer nachhaltigen zukunftsfähigen Entwicklung ist es, die knappen Ressourcen so einzusetzen, dass Verschwendung und Übernutzung vermieden werden. Auch im Hinblick auf die natürliche Umwelt und die begrenzte Aufnahmefähigkeit der Umweltmedien stellt sich ein solches Problem.

[8] Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, „Nachhaltige Energiepolitik für eine zukunftsfähige Energieversorgung“; Energiebericht.

[9] Statistisches Bundesamt Deutschland; 2001.

[10] Schwartz, M. A. in Enquete Kommission „Nachhaltige Energieversorgung ...“.

[11] Priddle, R. in Enquete Kommission „Nachhaltige Energieversorgung ...“.

Im Hinblick auf die effiziente Nutzung knapper Ressourcen als konstitutives Element von Nachhaltigkeit kommt dem ökonomischen Ordnungsrahmen eine zentrale Bedeutung für die Realisierung einer nachhaltig zukunftsfähigen Entwicklung zu.

Nicht nur wirtschaftstheoretische Überlegungen, sondern insbesondere die praktische Erfahrung zeigen, dass der marktwirtschaftliche Ordnungsrahmen das beste Instrument zur effizienten Nutzung knapper Ressourcen ist und folglich die soziale Marktwirtschaft den geeigneten Rahmen zur effizienten Erreichung der Nachhaltigkeitsziele darstellt.

Die freie Nutzung von Umweltgütern führt zu Umweltschäden, zu externen Effekten, die nicht dem Verursacher sondern Dritten, z. B. der Allgemeinheit oder auch zukünftigen Generationen angelastet werden. Die Internalisierung der externen Effekte, d. h. die Inwertsetzung von Umwelt und Natur, ist der Weg, die Nutzung knapper Umweltressourcen in das Marktgeschehen zu integrieren und sie den gleichen Bewirtschaftungsregeln zu unterwerfen wie die Nutzung anderer knapper Ressourcen. Die Integration der Nutzung knapper Umweltressourcen in das Marktgeschehen ist Aufgabe der ordnungspolitischen Rahmensetzung des Staates.

Dabei sind volkswirtschaftliche Kosten ein geeigneter Bewertungsmaßstab zur Beurteilung unterschiedlicher Wege für die Erreichung von Nachhaltigkeitsstrategien.

Die Kommissionsmitglieder von CDU/CSU und FDP stellen basierend auf den Ergebnissen der Enquete-Kommission des 12. Deutschen Bundestages „Schutz des Menschen und der Umwelt“ fest, dass „die der regulativen Idee der Nachhaltigkeit innewohnende Vorstellung eines Such- und Lernprozesses im Wettbewerb der Marktwirtschaft ihre ökonomische Ausprägung (findet)“.

2.5 Rolle des Staates

Vor dem Hintergrund liberalisierter und deregulierter Märkte beschränkt sich die Aufgabe des Staates auf das Setzen ordnungspolitischer Rahmenbedingungen, insbesondere auf die Sicherstellung des Wettbewerbs, den Abbau von Wettbewerbsbeschränkungen und die Ausübung der Missbrauchsaufsicht. Hinzu kommt noch die Förderung von Forschung und Entwicklung als einzig systematischem Weg, die Entfaltungsmöglichkeiten für die kommenden Generationen zu sichern, bzw. auszuweiten. Falls Eingriffe in den Markt unumgänglich sind, sollten diese marktkonform erfolgen, um Schäden für die Volkswirtschaft zu vermeiden. Das Ordnungsrecht kann nur in Ausnahmefällen zur Anwendung kommen.

Deutsche Energiepolitik ist eingebunden in EU-weite bzw. internationale Politik. Ihre Aufgabe ist es, die Chancengleichheit deutscher Unternehmen im EU-weiten und internationalen Kontext zu sichern und auf eine beschleunigte Energiemarktöffnung in allen EU-Mitgliedstaaten hinzuwirken.

Im Rahmen einer Energiepolitik, die eine nachhaltige Energieversorgung über den Wettbewerb einer Marktwirtschaft erreichen will, besteht die Rolle des Staates in der Wahrnehmung der folgenden Gestaltungsaufgaben:

1. Einrichtung und Sicherung eines langfristig orientierten Ordnungsrahmens, innerhalb dessen sich der Marktmechanismus mit seinen Such- und Optimierungsprozessen entfalten kann.
2. Regelungen zur Internalisierung externer Effekte (Inwertsetzung von Umwelt und Natur), die gegebenenfalls als Konsequenz z. B. von Schadstoffemissionen, Klimaveränderungen oder der Übernutzung der verfügbaren Ressourcen abzuleiten sind.
3. Eliminierung oder zumindest Abbau von Hemmnissen, die dem Wirken des Marktmechanismus entgegenstehen und hierbei insbesondere
4. Intensivierung von Forschung und Entwicklung, um die Effizienz der Energiewandlung zu erhöhen, den Materialaufwand und die Umweltbelastungen durch Stofffreisetzungen von Energiesystemen zu reduzieren und die technisch-wissenschaftlich nutzbare Energiebasis für kommende Generationen zu erweitern sowie die bestehenden Wissensdefizite hinsichtlich der ökologischen Wirkungen von Energiesystemen zu mindern.

2.6 Globale Aspekte nachhaltiger Entwicklung

Die Bundesrepublik Deutschland wird auch in Zukunft durch eine hohe Abhängigkeit der Energieversorgung gekennzeichnet sein. Dies gilt insbesondere für die Versorgung mit Mineralöl und Erdgas, ohne die in den nächsten Jahrzehnten eine bedarfsgerechte, qualitativ hochstehende und kostengünstige Deckung des Bedarfs an Energiedienstleistungen undenkbar erscheint. Die Abhängigkeit von Öl- und Erdgasimporten wird trotz eines zu erwartenden Rückgangs des Mineralölverbrauchs sogar noch zunehmen, wenn der derzeit national verfolgte Ausstieg aus der Kernenergie realisiert wird, zunehmende Anstrengungen zum Klimaschutz für unumgänglich erachtet werden und sich der Beitrag erneuerbarer Energien zu einer zugleich kostengünstigen wie klimaverträglichen Energieversorgung nur in begrenztem Maße steigern lässt. Damit aber bestehen die Risiken der Versorgung im Hinblick auf die Gefahr temporärer Lieferunterbrechungen und/oder exorbitanter Preissteigerungen aus jenen – regional begrenzten – Weltregionen fort, die eine noch steigende Bedeutung für die Versorgung des Weltmarktes besitzen und gleichzeitig weiterhin als in hohem Maße krisenanfällig gelten müssen.

Die Energieversorgung der Bundesrepublik Deutschland hängt von der geopolitischen Situation unter besonderer Berücksichtigung der Entwicklungs- und Schwellenländer ab. Die Bedeutung der Energieversorgung wird dabei in dem Maße zunehmen, wie sich das Wachstum in diesen Ländern fortsetzt und diese damit als Nachfrager und zunehmend als Wettbewerber auf dem Weltmarkt auftreten werden. Der wirtschaftliche Entwicklungsprozess ist dabei die Schlüsselgröße für den Abbau der gravierenden Unterschiede zwischen Reich und Arm und der Beherrschung

der sozialen Spannungen aufgrund des absehbaren Bevölkerungsanstiegs.

Die meisten in jüngerer Zeit vorgelegten Projektionen kommen zu dem Ergebnis, dass sich der Weltenergieverbrauch in den kommenden Jahrzehnten möglicherweise mehr als verdoppeln wird, im wesentlichen getrieben vom Energiebedarf der Entwicklungs- und Schwellenländer. Auch wenn weitreichende Effizienzfortschritte in Industrie- wie Entwicklungsländern erreicht werden und ein zunehmender Einsatz erneuerbarer Energien erfolgt, weisen viele Projektionen den fossilen Energieträgern eine große Bedeutung bei der Deckung des zukünftigen weltweiten Energiebedarfs zu.

2.7 Nationale und globale Ziele der Klimagasminderung

Das Kioto-Protokoll (1997) sieht für den Zeitraum 2008 – 2012 eine Reduktion der klimarelevanten Gase innerhalb der Annex-B-Staaten, die im wesentlichen die Industriestaaten repräsentieren, von 5,2 % gegenüber dem Basisjahr 1990 vor. Für die Zeit nach 2012 werden keine konkreten Vorschläge unterbreitet.

Trotz des Kioto-Protokolls gibt es weltweit keine absolute Begrenzung der anthropogenen Klimagas-Emissionen, da die Schwellen- und Entwicklungsländer, die das Kioto-Protokoll mit unterzeichnen, keine Reduktionsverpflichtungen eingehen wollten. Die USA als größter Emittent von anthropogen Klimagasen hat die Ratifizierung des Kioto-Protokoll abgelehnt. Andere Staaten haben in Nachverhandlungen die Anrechnung von sogenannten Senken auf ihre Reduktionsverpflichtung erwirkt.

Die EU hat sich auf der Folgekonferenz von Kioto in Bonn (2001) zu einer Minderung von ursprünglich –8 % auf jetzt – 5 % bei Anrechnung ihrer Senken verpflichtet. Innerhalb der EU wurden die Lasten im Rahmen des Burden Sharing unausgewogen verteilt. Während andere EU-Mitgliedstaaten ein Zuwachs gewährt wird (z. B. Griechenland + 28,7 %, Spanien +27,9 %, Frankreich + 3,3 %) wird Deutschland zu einer Minderung von – 19,5 % verpflichtet. Ursprünglich war für Deutschland eine Minderung von – 21 % vorgesehen. Die jetzt vereinbarten – 19,5 % entsprechen nicht der Rückgangsquote von – 8 % auf – 5 % EU-weit. Damit hat sich die relative Belastung für Deutschland weiter erhöht.

Unabhängig voneinander haben das Wuppertal-Institut und Greenpeace die Belastungen, die aufgrund der Beschlüsse des Bonner Klimagipfels verursacht worden sind, für die Beiträge der einzelnen EU-Mitgliedsländer berechnet. Beide kommen zu dem Ergebnis, dass Deutschland nunmehr – 112 % im Gegensatz zu früher – 75 % des gesamten EU-Beitrages zum Kioto-Protokoll übernimmt. Dies bedeutet im verschärften internationalen Wettbewerb eine zusätzliche, unverhältnismäßig hohe Belastung für die deutsche Volkswirtschaft.

Unabhängig vom Kioto-Prozess hat Deutschland als einer der wenigen Staaten die anthropogenen Klimagas-Emissionen im Rahmen von freiwilligen Selbstverpflichtungen der Wirtschaft bezogen auf das Basisjahr 1990 um – 15,3 %[12] bis 1999 gesenkt und damit weltweit eine Vorreiterrolle übernommen.

Der aktuelle Energiebericht des deutschen Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie vom November 2001[13] belegt in einer Szenarioanalyse die hohen Belastungen der deutschen Volkswirtschaft bei einem weiter isolierten nationalen Alleingang mit dem Ziel, die CO_2-Emissionen um 40 % bis zum Jahre 2020 zu reduzieren. Es wird für dieses Szenario mit existenziellen Belastungen und Standortverlagerungen energieintensiver Unternehmen gerechnet. Die privaten Haushalte müssten gegenüber 2000 für die Deckung ihres Energiebedarfs etwa zwei Drittel (etwa real 1 500 €) mehr ausgeben. Für die deutsche Volkswirtschaft entspricht dies zusätzlichen Kosten von rd. 250 Mrd. €. Diese isolierte Vorreiterrolle wird sich Deutschland unter den Rahmenbedingungen der Globalisierung und Liberalisierung im internationalen Wettbewerb langfristig nicht ohne Schaden erlauben können. Der beschlossene Ausstieg aus der Kernenergie in Deutschland wird es in Zukunft erschweren – wenn nicht gar ausschließen –, weitere ehrgeizige Klimagasminderungsziele im Umfeld des weiter steigenden internationalen Wettbewerbs zu erreichen. Deutschland hat im Gegensatz zu vielen anderen Ländern z. B. Frankreich, Japan und USA mit dem Ausstieg aus der Kernenergie eine wichtige Minderungsoption für klimarelevante Gase aufgegeben.

Unabhängig davon lassen Prognosen erwarten, dass die mit dem Kioto-Prozess eingeleiteten Klimagasminderungsmaßnahmen nicht ausreichen werden, um den Anstieg der Treibhausgasemissionen aufzuhalten und damit die Gefahren eines weltweiten Klimawandels auszuschließen. Weitere internationale, für alle Staaten verbindliche Reduktionsmaßnahmen müssen ergriffen werden.

Vor dem Hintergrund des globalen Klimaproblems kann ein isoliertes Vorgehen Deutschlands mit verschärften Reduktionszielen von z. B. 40 % bis 2020 oder 80 % bis 2050 diesen globalen Trend weder aufhalten noch umkehren.

Sollte der heute angenommene globale Trend der Klimaentwicklung nicht aufgehalten werden können, muss auch bereits heute schon parallel zu Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen über Strategien der Adaption[14] nachgedacht werden, um die nachteiligen Folgen eines Klimawandels verträglich zu gestalten.

2.8 Risiken

Die Menschen stehen einer Vielzahl von Risiken, die ihr Leben und ihre Gesundheit betreffen, gegenüber. Die Diskussion zu Risiken der modernen Energieversorgung hat sich aus der Kontroverse der friedlichen Nutzung der

---

[12] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Klimaschutzprogramm, S. 12.

[13] Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie „Nachhaltige Energiepolitik für eine zukunftsfähige Energieversorgung“; Energiebericht.

[14] Siehe IPCC (2001), http://www.ipcc.ch.

Kernenergie entwickelt, wobei die Chancen, die Wissenschaft und Technik bieten, häufig hinter den vermeintlichen Risiken zurücktreten.

Obwohl die Sicherheitsstandards so hoch wie nie zuvor sind, verringert sich in der Gesellschaft das Vertrauen in den wissenschaftlich-technischen Fortschritt. Dies gilt für weite Bereiche von Wissenschaft und Technik wie z. B. Gentechnik, technische Großanlagen, Anlagen zur Energieerzeugung. Dagegen werden „Alltagstechnologien“ sowie innovative Technologien im Bereich der erneuerbaren Energien in der Regel ohne Risikodiskussion und ohne Einwände akzeptiert.

Kontroversen über die Akzeptanz von Risiken, die aus Wissenschaft und Technik herrühren, gehören zur gesellschaftlichen Normalität. Informationsvermittlung, Aufklärung und die Herstellung von Transparenz tragen zu mehr Vertrauen in die immer komplexer werdenden wissenschaftlich-technischen Bereiche bei und sind daher wichtige zukunftsorientierte Aufgaben in hochtechnisierten Industrieländern.

Einige Risiken resultieren aus natürlichen Abläufen und Phänomenen (Naturrisiken), andere stehen im Zusammenhang mit menschlichen Aktivitäten. Da menschliche Aktivitäten häufig auch mit unerwünschten Nebenwirkungen und Risiken verbunden sind, sie uns andererseits aber auch ermöglichen, Bedürfnisse zu befriedigen und natürliche Lebensrisiken und Gefahren zu reduzieren, bleibt kein anderer Weg, als Nutzen und Risiken umfassend abzuwägen. Dies gilt auch für die Systeme der Energieversorgung.

Kein bekanntes Energieversorgungssystem ist ohne Risiko. Jede Art der bekannten Energieversorgungssysteme besitzt mehr oder minder große Risiken für potenzielle Schäden, die alle drei Bereiche Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft treffen können.

Die Abwägung der Risiken, zwischen Verfügbarkeit von Energiedienstleistungen oder ihrer Nichtverfügbarkeit, ist eine Grundsatzfrage. Dies erfordert zumindest den Versuch, die durch Energienutzung vermiedenen natürlichen Risiken denen gegenüberzustellen, die mit der Bereitstellung von Energiedienstleistungen verbunden sind.

Zur Beurteilung der Risiken technischer Anlagen stehen verschiedene Instrumente zur Verfügung. Zunächst einmal gibt es aufgrund bisheriger Erfahrungen und Untersuchungen gesetzlich geregelte Sicherheitsauflagen, die bei der Errichtung und beim Betrieb technischer Anlagen eingehalten werden müssen und die Störfälle vermeiden sollen. Darüber hinaus werden Risikoanalysen erstellt, die sowohl die Wahrscheinlichkeiten, mit denen Unfälle eintreten können, als auch das Ausmaß der möglichen Folgen aufzeigen. Sowohl technische als auch durch menschliches Fehlverhalten bedingte Störfälle werden dabei untersucht. Dies ermöglicht einen Vergleich zwischen verschiedenen technischen Optionen und den damit verbundenen Risiken.

Die Risikoanalyse ist daher die wichtigste wissenschaftliche Grundlage für eine sich anschließende Risikobewertung. Solche Risikoanalysen erreichen jedoch dann ihre Grenzen, wenn die zu untersuchenden Risiken nur mit einer extrem geringen Eintrittswahrscheinlichkeit zu erwarten sind, wie z. B. bei Reaktorunfällen, auf der anderen Seite jedoch ein hohes potenzielles Schadensausmaß gegenüber steht.

Naturgemäß gibt es für diese Fälle nur unzureichende statistische Grundlagen. In der Öffentlichkeit werden diese wissenschaftlich orientierten Risikoanalysen jedoch häufig falsch interpretiert, weil z. B. Randbedingungen außer acht gelassen oder unzulässige Verallgemeinerungen getroffen werden.

Eine objektive Analyse und faire Bewertung der Risiken ist aber auch deshalb schwer durchzuführen, da wegen des Fehlens aus der Erfahrung gewonnener Unterlagen Grundannahmen zu treffen sind, die von den jeweiligen Befürwortern und Gegnern bestimmter Energieversorgungssysteme unterschiedlich gesehen werden und damit die Analyse zwangsläufig zu verschiedenen Ergebnissen führt. Dieses Grunddilemma bei der Bewertung der Risiken bleibt auch bei umfangreichen Analysen grundsätzlich bestehen. Es sind deshalb nur mehr oder minder objektive Risikoabschätzungen möglich.

Aufgrund der Risikoanalysen bzw. Risikoabschätzungen, die die Wahrscheinlichkeit und das Ausmaß unerwünschter Technikfolgen darstellen, kann in einem weiteren Schritt – der sog. Risikobewertung – geklärt werden, ob die analysierten Technikfolgen akzeptabel sind bzw. welche Maßnahmen zur Risikominimierung notwendig werden. Zur Risikobewertung stehen verschiedene Methoden zur Verfügung, z. B. Kosten-Nutzen-Analysen, Risikovergleiche, Umwelt- und Sozialverträglichkeitsprüfungen. In der Risikobewertung dominieren normative Elemente, die auch subjektive Wertungen enthalten. Darüber hinaus fließen in die Risikobewertung politische Vorgaben und Entscheidungen mit ein.

Durch Forschung und Entwicklung, aber auch aufgrund praktischer Erkenntnisse kann und muss die Handhabbarkeit von Risiken (Risk-Management) stetig verbessert werden. Die Risiken sind nach dem jeweiligen wissenschaftlichen Kenntnisstand stets neu zu bewerten. Vor- und Nachteile der Systeme sind unter der Berücksichtigung der Aspekte der Globalisierung und Liberalisierung abzuwägen, um einer Verlagerung der Probleme in andere Regionen entgegenzutreten.

Für eine aufrichtige gesellschaftliche Diskussion stellt sich in Anbetracht des Risikos eines möglichen Klimawandels die Frage, inwieweit ein langfristiger und endgültiger Ausstieg aus einer beherrschbaren und klimagasfreien Technologie wie der Kernkraft zu rechtfertigen ist, ohne einen realistischen und nachhaltigen Ersatz anzubieten, der die wachsende Nachfrage nach Energie aufgrund des Bevölkerungswachstums und dem Streben nach Wohlstand erfüllen kann. Derartige politischen Entscheidungen, wie z. B. die Aufgabe der Kernenergienutzung, sind in Zukunft aufgrund veränderter Marktstrukturen, neuer Erkenntnisse und innovativer Technologien zu überdenken und in einem demokratischen Entscheidungsprozess gegebenenfalls zu korrigieren.

2.9 Unsicherheiten

Ein Konzept nachhaltiger Energieversorgung stellt explizit darauf ab, dass bei der Befriedigung der Bedürfnisse der heute lebenden Menschen die Interessen und Entwicklungschancen zukünftiger Generationen nicht unbillig beeinträchtigt werden. Es gilt also nicht nur, Art und Intensität der Interessenlagen der in Zukunft lebenden Menschen sowie das Spektrum der sich ihnen eröffnenden Optionen zu identifizieren und hinreichend exakt zu beschreiben, sondern auch mit denen der heutigen Generation abzugleichen, d.h. im Zweifel auch abzuwägen.

Die ethische Forderung nach Berücksichtigung der Interessen zukünftiger Generationen in den heutigen Produktions- und Konsumentscheidungen findet ihr Korrelat in der Notwendigkeit, auch die heutige Generation nicht im Übermaß in ihren Entfaltungsmöglichkeiten und in der Realisierung ihrer Ziele zu beeinträchtigen.

Daher ist es als ein Charakteristikum eines Konzeptes nachhaltiger Energieversorgung anzusehen, dass

- wesentliche Elemente des hiermit aufgeworfenen Fragenkomplexes nicht exakt bestimmt werden können,
- bislang abschließende Kriterien für den hierbei anstehenden Bewertungsprozess ausstehen und
- auch die Konsequenzen eines Einsatzes bestimmter Strategien, Maßnahmen und Instrumente nur bedingt prognostiziert werden können, zumal diese in ganz entscheidendem Maße von der konkreten Ausgestaltung, dem jeweils vorherrschenden Umfeld und dem Timing abhängen.

Es zeigt sich also, dass sich im Hinblick auf Entwurf wie Umsetzung eines Konzeptes „Nachhaltiger Energieversorgung“ gravierende – aus Ungewissheiten unterschiedlichster Natur resultierende – Fragen aufgeworfen werden, die auf keinen Fall negiert, nicht zur Kenntnis genommen, verdrängt oder verharmlost werden dürfen. Vielmehr sind diese aktiv aufzugreifen und in ein rationales Konzept einzubeziehen.

Das Spektrum der allein aus der Klimaproblematik in diesem Zusammenhang aufgeworfenen Fragen mag folgender Überblick verdeutlichen:

- Wie sollen Interessenlagen zukünftiger Generationen definiert werden? Ist es berechtigt, heute vorherrschende Denkmuster und Präferenzstrukturen auf zukünftige Generationen zu übertragen? Wie viele Generationen sind hierbei überhaupt zu berücksichtigen? Wem sollte das Recht eingeräumt werden, diesen Fragenkomplex aufzulösen?
- Von welchen Problemlösungsmöglichkeiten ist für die Zukunft auszugehen? Von den heute verfügbaren? Von absehbaren? Wie kann in diesem Zusammenhang weiterer technischer Fortschritt berücksichtigt werden?
- Wie kann der Tatsache Rechnung getragen werden, dass bei weitem noch nicht sämtliche mit der Klimaproblematik aufgeworfene Fragen abschließend beantwortet werden können, insbesondere, was den Einfluss einzelner Determinanten einerseits aber auch was Synergieeffekte und irreversible Prozesse andererseits angeht?
- Wie ist mit dem Problem umzugehen, dass bislang nicht absehbar ist, ob bzw. wann es gelingen wird, von globalen Klimaänderungen auf lokale und regionale Einflüsse sowie auf damit einhergehende Schäden schließen zu können?
- Wie sind die Fragen einer adäquaten globalen Bewertung klimabedingter Schäden und deren Diskontierung zu lösen?
- Wie kann der Unkenntnis über die Adaptationsfähigkeit physischer, biologischer und gesellschaftlicher Systeme adäquat Rechnung getragen werden?
- Wie sind die mit dem Einsatz bestimmter Instrumente möglicherweise verbundenen Trade Offs (Kosten/Nutzen, Wettbewerbsfähigkeit, Beschäftigung, Staatsquote, Umverteilung, Akzeptanz) zu erfassen?
- Kann davon ausgegangen werden, dass sämtliche Staaten im Hinblick auf die Dringlichkeit der anstehenden Probleme dieselben Prioritäten verfolgen?
- Welche Belastungen sind der in den einzelnen Ländern heute lebenden Generation zuzumuten, wie viel ist durchsetzbar?

Bei der Beantwortung dieser vielfältigen aus den unterschiedlichsten Ungewissheiten resultierenden Fragen muss das Vorsorgeprinzip zum Tragen kommen. Dieses Prinzip besagt, dass auch dann – und zwar nicht erst in ferner Zukunft – gehandelt werden muss, wenn die mit Nichthandeln verknüpften Risiken als zu groß empfunden werden. Derartige – nicht als akzeptabel und hinnehmbar angesehene – Risiken ergeben sich bereits dann, wenn – wie bei der Klimaproblematik – auch bei geringer Wahrscheinlichkeit ein großes Schadensausmaß nicht ausgeschlossen werden kann. Das Vorsorgeprinzip verliert jedoch jeden Bezug zur Realität, wenn es verabsolutiert wird. Eine Forderung nach Vorsorge „auf Verdacht“ oder „ins Blaue hinein“ würde sich selbst ihre Berechtigung entziehen, weil sie jede menschliche Aktivität lähmen würde.

Daher ist das Vorsorgeprinzip explizit mit dem Abwägungsgebot zu kombinieren. Dies bedeutet im einzelnen:

- Die von heutigen Konsum- und Produktionsentscheidungen ausgehenden Implikationen für zukünftige Generationen (wie für andere heute lebende Gesellschaften) sind – bei aller Schwierigkeit im Detail – zu identifizieren, möglichst transparent zu diskutieren und in ihrer Tragweite im Hinblick auf denkbare Zielverzichte abzuschätzen.
- Daneben ist eine Einschätzung der voraussichtlich zur Verfügung stehenden Problemlösungsoptionen gefordert.
- Schließlich sind Zielverzichte zukünftiger Generationen mit denen heutiger abzugleichen. Hierfür ist eine Abschätzung der mit dem Einsatz einzelner Instru-

mente verbundenen Implikationen im Hinblick auf das Problemlösungspotenzial mit entstehenden Zielverzichten erforderlich.

Rationales Handeln setzt in diesem Zusammenhang voraus, dass zur Verfügung stehende Optionen nach Maßgabe ihrer relativen Vorteilhaftigkeit (Kosten-/Nutzenrelation) zum Einsatz gelangen, d. h. zunächst das beträchtliche „No Regret“-Potenzial in Angriff zu nehmen ist (Definition: Keine Kosten oder Kosten niedriger als Nutzen). Hierbei kommen durchaus nicht nur im Inland sondern auch im Ausland – und hierbei insbesondere in der Dritten Welt – vorliegende Potenziale in Betracht, auch wenn hierfür im einzelnen noch zu entwickelnde und international abzustimmende Vorgehensweisen derzeit noch fehlen. Allerdings sind im Kontext eines vorgegebenen Ordnungsrahmens externe Effekte zu internalisieren und Hemmnisse zu beseitigen, die einem funktionsfähigen Marktmechanismus entgegenstehen. Staatliche Eingriffe sind nicht nur dem Grunde nach explizit, sondern auch im Hinblick auf die Wahl der hierfür in Frage kommenden Instrumente und Maßnahmen zu legitimieren. Ökonomische Rationalität fordert die Orientierung am Wirtschaftlichkeitsprinzip, d. h. die Realisierung eines vorgegebenen Ziels mit einem Minimum an Kosten und Zielverzichten. Global wirkende Instrumente sind sektorspezifischen vorzuziehen. So weit wie möglich sind Instrumente marktkonformen Typs vorrangig zu berücksichtigen, um damit den Suchprozess des Marktmechanismus in den Dienst der Problemlösung zu stellen. Den vielfältigen oben aufgezeigten Ungewissheiten kann nur mit einem Höchstmaß an Flexibilität, Lernbereitschaft und Reversibilität Rechnung getragen werden.

2.10 Leitlinien und Handlungsregeln für eine nachhaltige Energiewirtschaft

Die Versorgung mit Energiedienstleistungen berührt verschiedene Problembereiche, die jeweils eigene Bezüge zu einer nachhaltigen zukunftsfähigen Entwicklung haben. Dies betrifft die Inanspruchnahme von Umwelt und anderen natürlichen Ressourcen, die Überwindung von Hunger und Armut insbesondere in den Entwicklungsländern, die Sicherung einer ausreichenden und kostengünstigen Energieversorgung für eine weiter wachsende Weltbevölkerung sowie die energieseitige Absicherung weiterer wirtschaftlicher und sozialer Entwicklungen in den Industriegesellschaften.

Die Kommissionsmitglieder von CDU/CSU und FDP halten die Ausgestaltung der zukünftigen Energieversorgung nach Maßgabe von Kriterien einer nachhaltigen Entwicklung für die zentrale sich in den nächsten Jahrzehnten stellende Herausforderung. Intergenerationelle wie intraregionale Verantwortung gebieten sich aus unverzichtbaren ethischen Prinzipien.

Trotz der fortbestehenden Ungewissheiten wie Klima-, Ressourcen- und Bevölkerungsentwicklung, ist eine Interpretation nachhaltiger Energieversorgung vorzunehmen, die sicherstellt, dass die Entfaltungsmöglichkeiten zukünftiger Generationen nicht beeinträchtigt, sondern sogar verbessert werden, sofern dies zu keiner unakzeptablen Benachteiligung der heute lebenden Menschen führt. Dies gebietet die sich aus dem Vorsorgeprinzip abzuleitende Notwendigkeit, möglicherweise gravierenden – in Zukunft nicht auszuschließenden – Risiken bereits heute adäquat zu begegnen. Hierbei ist allerdings ein Abgleich der mit einzelnen Strategien gegebenenfalls verbundenen Kosten und Nutzen geboten.

Zu den wichtigsten Zielen energiepolitischen Handelns gehört die angemessene Deckung des weltweit wachsenden Bedarfs an sicheren, umweltverträglichen und kostengünstigen Energieträgern und Energiedienstleistungen. Sowohl auf der Angebots- als auch auf der Nachfrageseite müssen die bestehenden und neuen Strukturen in Richtung höherer Effizienz und Einsatz neuer Technologien entwickelt werden. Aber selbst wenn diese Potenziale der rationellen Energieumwandlung und -nutzung bei der Bereitstellung von Energiedienstleistungen maximal ausgeschöpft und – soweit wirtschaftlich vertretbar – erneuerbare Energien beschleunigt in den Markt eingeführt werden, müssen für eine wachsende Weltbevölkerung und -wirtschaft noch für mehrere Jahrzehnte konventionelle Energien in ausreichendem Maße verfügbar sein. Die Frage der Verfügbarkeit und des zukünftigen Einsatzes von Energieressourcen und Energiereserven, insbesondere der konventionellen, fossilen Energieträger Öl, Kohle und Gas, bleibt unverändert bestehen.

Eine besondere Ressource ist die Kreativität der Menschen. Sie zu entfalten bedarf Bildung, Forschung und Entwicklung. Forschung und Entwicklung sind strategische Varianten der Energiepolitik. Nur mit einem deutlich vergrößerten Aufwand für Forschung und Entwicklung sind die anstehenden Probleme einer nachhaltigen Lösung zuzuführen. Ziel muss es sein, die Lebensbedingungen einer wachsenden Weltbevölkerung mit deutlich weniger Energie- und Materialeinsatz, verbunden mit weniger Umweltbelastung, zu verbessern. Die Nutzbarmachung von neuen Rohstoffen, Rohstofflagerstätten und Werkstoffen erhöht die Verfügbarkeit von Energie und Materie. Forschung und Entwicklung müssen Methoden aufzeigen, die Belastungen durch Stoffströme und Stoffentwertung zu reduzieren. Eine sinnvolle Produktlebensdauer ist zu erreichen, die Produkteffizienz zu steigern, neue Nutzungskonzepte zu entwickeln und anzuwenden sowie Stoffkreisläufe zu schließen.

Angesichts der Dringlichkeit der Probleme geht es darum, robuste Entwicklungen und Strategien aufzuzeigen und je nach den Bedingungen in den Industrie- und Entwicklungsländern zu operationalisieren. Die Komplexität und ihre nicht-lineare Dynamik, aber auch bestehende Wissenslücken erlauben es nicht, die Belastungsspielräume natürlicher Systeme mit einem definierten Schwellenwert zu bestimmen.

Moderne, zielführende Umweltpolitik arbeitet mit Umweltqualitätszielen. Dabei wird zwischen staatlichen Stellen und Akteuren ein Ziel („Umweltqualitätsziel“) vereinbart, um einen Umweltzustand zu verbessern. Die mit dem Problem vertrauten Akteure finden relativ schnell Ansatzmöglichkeiten zur Verbesserung und können diese dann rasch in die Tat umsetzen. Die Zielerreichung wird durch die zuständige Behörde oder ein entsprechendes Monitoring kontrolliert.

Die eingeschlagenen Wege zur Zielerreichung können frei gewählt werden und sind der jeweiligen Problemlage vor Ort angepasst. Damit lässt sich auch der ökonomische Aufwand entsprechend handhaben. Nach Zielerreichung wird überprüft, ob die Maßnahme ausreichend war oder ob ein erneuter Anlauf mit neuen Umweltqualitätszielen erforderlich ist. Auch während der Durchführung zielführender Maßnahmen kann je nach Bedarf über Beschleunigung oder Verlangsamung des Prozesses entschieden werden. Die Anwendung freiwilliger Vereinbarungen mit entsprechendem Monitoring erhöhen die Akzeptanz und die Bereitschaft zum Handeln bei den Akteuren. So lassen sich Handlungsstrategien entwickeln, die sowohl naturwissenschaftlich-technischen als auch ökonomischen Bezug haben. Die gegebene intensive Einbindung der Akteure verkürzt Abläufe.

Es existiert ein breites Spektrum von Möglichkeiten, die anstehenden Probleme offensiv, optimistisch, kreativ und dynamisch anzugehen, ohne die heutige Gesellschaft über Gebühr zu belasten und unnötige Zielverzichte abzuverlangen.

Ausgehend von dem zuvor dargelegten Grundverständnis von nachhaltiger zukunftsfähiger Entwicklung formulieren die Kommissionsmitglieder von CDU/CSU und FDP für den Energiebereich die folgenden Leitlinien und Handlungsregeln, an denen sich eine auf Nachhaltigkeit abzielende Energiepolitik orientieren muss:

– Das Prinzip der Gleichrangigkeit der im einzelnen zu verfolgenden und im hohen Maße interdependenten ökologischen, sozialen und ökonomischen Ziele ist von grundlegender Bedeutung. Konflikte sind im gesellschaftlichen Diskurs demokratisch auszutragen.

– Für eine wachsende Weltbevölkerung sind die Voraussetzungen zu schaffen, dass der wachsende Bedarf an Energiedienstleistungen zur Sicherung humaner Lebensbedingungen und zur Deckung ihrer Bedürfnisse wirtschaftlich gedeckt werden kann.

– Für alle Mitglieder der Gesellschaft gilt es, die Chancengleichheit beim Zugang zu Energiedienstleistungen zu ermöglichen.

– Die Belastungen von Umwelt und Natur sind so zu bemessen, dass die verschiedenen Funktionen dieser natürlichen Lebensgrundlagen auf Dauer erhalten bleiben.

– Die Bereitstellung von Energiedienstleistungen ist durch eine weitgehend von physischen Unterbrechungen freie Versorgung zu gewährleisten.

– Die Inanspruchnahme nicht-erneuerbarer Energieträger und Rohstoffe soll in dem Umfang erfolgen, in dem (im langfristigen zeitlichen Mittel) ein physisch und funktionell gleichwertiger wirtschaftlich nutzbarer Ersatz verfügbar gemacht wird, in Form neu erschlossener Vorräte, erneuerbarer Ressourcen oder einer höheren Produktivität der Ressourcen.

– Die Nutzung der erneuerbaren Energieträger darf auf Dauer nicht größer sein als ihre Regenerationsrate.

– Die Gefahren und Risiken der Bereitstellung von Energiedienstleistungen für die menschliche Gesundheit müssen kleiner sein als die durch sie vermiedenen natürlichen Risiken und in einem gesellschaftlichen Abwägungsprozess an ihrem Nutzen gemessen werden.

– Die Bereitstellung von Energiedienstleistungen soll zu möglichst geringen volkswirtschaftlichen Kosten, inklusive der externen Kosten erfolgen. Volkswirtschaftliche Kosten (private plus externe Kosten) sind ein geeignetes Maß für den Verbrauch knapper Ressourcen und damit ein zentraler Indikator für die relative Nachhaltigkeit von Techniken und Systemen zur Bereitstellung von Energiedienstleistungen.

– Forschung und Entwicklung im Energiebereich bilden die Basis für Innovation. Dabei kommen der Ausweitung der wirtschaftlich verfügbaren Energiebasis, der Erhöhung der Effizienz im Bereich der Energiedienstleistung und der Energietechnik sowie der Vermeidung und Verminderung energiebedingter Umweltbelastungen und Risiken eine besondere Bedeutung zu.

– Die Weiterentwicklung innovativer Technologien, Verfahren bzw. Kraftstoffe im Sinne einer Effizienzsteigerung richtet sich nicht alleine auf die Energiebereitstellung. Insbesondere in den Bereichen Gebäude und Mobilität gilt es, bestehende wie künftige Effizienzpotenziale zu erschließen.

3 Globalisierung und Liberalisierung der Energiemärkte

3.1 Vorbemerkung

Vernetzte Märkte, offene Grenzen und freier Waren-, Dienstleistungs- und Kapitalverkehr sind Kennzeichen des Globalisierungs- und Liberalisierungsprozesses. Von den hiervon ausgelösten tiefgreifenden Veränderungen der historisch gewachsenen Angebots- und Nachfragestrukturen sind inzwischen die bei weitem meisten Märkte weltweit betroffen. Auf der einen Seite zeigt sich eine zunehmende Abhängigkeit nationaler oder auch regionaler Märkte von den Geschehnissen auf dem Weltmarkt. Auf der anderen Seite ist jedoch immer weniger zu bezweifeln, dass die wichtigsten Akteure auf den Weltenergiemärkten heute und mit steigender Tendenz in einem wechselseitigen Abhängigkeitsverhältnis stehen. Diese Entwicklung stellt insbesondere die Energiewirtschaft von Ländern wie der Bundesrepublik Deutschland angesichts ihrer begrenzten Ausstattung mit kostengünstigen Energieressourcen und nicht zuletzt auch die Politik vor neuartige große Herausforderungen.

3.2 Die Globalisierung der Energiemärkte

Intensive grenzüberschreitende Beziehungen zwischen Produzenten und Händlern, Importeuren und Kunden sind nichts grundsätzlich Neues. Sie sind schon immer Ergebnis der internationalen Arbeitsteilung: Die Akteure mussten jeweils adäquat auf Veränderungen auf den Beschaffungs- und Absatzmärkten reagieren. Insofern beschreibt die Globalisierung, d. h. das immer stärkere Zusammenwachsen der Märkte im globalen Maßstab kein neues Phänomen. Neu ist jedoch die Geschwindigkeit, mit der sich dieser Wandel – im Elektrizitäts- und Gasbereich nicht zuletzt aufgrund des bereits eingeleiteten Liberalisierungs-

und Deregulierungsprozesses – vollzieht. Die internationalen Märkte reagieren zudem erheblich sensibler als früher auf Veränderungen.

Über viele Jahre gültige Gesetzmäßigkeiten in einzelnen Wirtschaftszweigen ändern sich schnell und grundlegend stellen somit langjährige Erfahrungswerte in Frage. Langfristige Planungen werden immer schwieriger.

Von dem Globalisierungsprozess abgekoppelte Märkte existieren so gut wie nicht mehr. Das erfolgreiche Überleben in diesem dem stetigem Wandel unterworfenen Umfeld setzt voraus, dass Unternehmen flexible Organisations- und Entscheidungsstrukturen entwickeln, um auf die jeweiligen Herausforderungen reagieren zu können. Auch nationale Energiepolitik wird durch die Vorgaben der Globalisierung und Liberalisierung in ihren Entscheidungsspielräumen begrenzt.

Positive Effekte der Globalisierung und Liberalisierung sind seit langem nachweisbar – hiervon können alle profitieren:

– die Exportwirtschaft durch die Ausweitung des grenzüberschreitenden Handels mit Energieträgern, Energieprodukten und -dienstleistungen sowie der damit verbundenen Technologien,

– industrielle und private Verbraucher durch die Diversifizierung des Angebots und dessen kostengünstigere bedarfsgerechte Bereitstellung,

– die Entwicklungsländer durch den Transfer von Knowhow und effizienten Erzeugungs-, Umwandlungs- und Einsatztechnologien aus den Industrieländern und die vergrößerten Handelschancen,

– die Umwelt durch den weltweit verstärkten Einsatz energieeffizienter Technologien.

Eine Be- oder gar Verhinderung des Globalisierungs- und Liberalisierungsprozesses und ein Rückfall in merkantilistisches nationalstaatliches Denken ist die falsche Antwort auf die mit Energieerzeugung und -verbrauch einhergehenden Probleme. Diese lassen sich in einer globalisierten Welt nicht mehr national isoliert lösen. Vor allem die Lösung des globalen Klimaproblems verlangt ein international abgestimmtes Vorgehen mit einem weltweit verbindlichen Handlungsrahmen.

3.2.1 Zunehmende Relevanz des Weltmarktes für die Versorgung

Mit einer Gewinnung von Primärenergieträgern in Höhe von 125 Mio t SKE – davon ¼ hoch subventioniert – belief sich im Jahre 2000 der Beitrag der heimischen Energieträger zur Deckung des Primärenergieverbrauchs in der Bundesrepublik Deutschland auf nur noch knapp 26 %. Dies entspricht rechnerisch einer Importabhängigkeit von über 74 %. Selbst wenn die Kernenergie als „quasi heimische“ Energie mit in die Betrachtung einbezogen wird, ergibt sich für die Bundesrepublik – bis vor wenigen Jahrzehnten noch Nettoenergieexporteur – eine Importabhängigkeit in Höhe von über 61 %. Diese Entwicklung ist darauf zurückzuführen, dass es trotz intensiver Exploration nicht gelungen ist, in Deutschland in ausreichendem Maße kostengünstige Öl- und Gasvorkommen zu erschließen, um die Nachfrage des gewerblichen wie privaten Verbrauchers zu befriedigen.

Die hohe Energieimportabhängigkeit der Bundesrepublik wird sich in den kommenden Jahrzehnten sogar noch verstärken, wenn

– wie von der rot-grünen Regierung beschlossen – die Kernenergie systematisch vom Markt verdrängt werden sollte und

– im Zuge des weiteren Anpassungsprozesses der deutschen Steinkohle weitere Zechen geschlossen werden,

– diese Entwicklung nicht durch einen entsprechenden Zubau kostengünstiger regenerativer Energieträger kompensiert werden kann,

– die Potenziale zum effizienteren Energieeinsatz nicht ausgeschöpft werden können und

– in den nächsten Jahrzehnten ein insgesamt nur leicht sinkender Bedarf an Energiedienstleistungen gedeckt werden muss (siehe Kap. 5).

Mit dieser konsequenten Orientierung der Energieversorgung auf den Weltmarkt hat der private wie der gewerbliche Verbraucher bereits seit vielen Jahrzehnten an den Vorteilen der internationalen Arbeitsteilung auch im Energiebereich partizipiert. Gleichzeitig bestimmen jedoch auch in zunehmendem Maße die auf dem Weltmarkt jeweils gültigen Angebots- und Nachfragekonstellationen die Versorgungsbedingungen unseres Landes. Hieran ändert sich auch nichts durch die zunehmende Integration unserer Volkswirtschaft in den gemeinsamen Europäischen Markt, der in vielen Mitgliedstaaten zur Zeit eine noch höhere Importabhängigkeit aufweist. Auch die Osterweiterung der Europäischen Union wird keine entscheidende Entlastung bringen. Es muss eher befürchtet werden, dass sich im Zuge des Anpassungsprozesses der Volkswirtschaften Zentral- und Mitteleuropas an die von den EU-Mitgliedstaaten vorgegebenen Energieverbrauchsstrukturen zusätzliche Importnotwendigkeiten eröffnen werden. Dies gilt insbesondere vor dem Hintergrund der strukturellen Veränderungen der jahrzehntelang auf Kohle basierenden Energiewirtschaften dieser Länder.

3.2.2 Steigende Abhängigkeit von ungestörten Öl- und Gasimporten

Angebot und Nachfrage auf den Weltenergiemärkten wurden seit dem zweiten Weltkrieg im wesentlichen durch die steil ansteigenden Versorgungsansprüche der Verbraucher in den Industrieländern und deren Deckung durch zunehmenden Rückgriff auf die jeweils weltweit kostengünstigsten Angebote bestimmt. Dies gilt vor allem für das Mineralöl, bei dem sich im Zuge dieser Entwicklung ein weltumspannender Handel mit den zu einem großen Teil in der OPEC organisierten Förderstaaten herausbildete.

Erst mit der Ölkrise 1973 wurde erkannt, welche gravierenden Probleme aufgrund der zunehmenden Abhängigkeit von ungestörten Lieferungen insbesondere aus dem OPEC-Bereich für die Sicherung der Versorgung, vor allem in Form temporärer Lieferunterbrechungen und/oder exorbitanter Preissteigerungen, entstehen können.

So gelang es bekanntlich, mittels der Verstaatlichung der jahrzehntelang dominierenden internationalen Mineralölunternehmen Öl als Waffe in der politischen Auseinandersetzung mit Israel einzusetzen. Mit Hilfe einer Quotierung der Förderung konnten exorbitante Preissteigerungen durchgesetzt werden. Von ausschlaggebender Bedeutung war in diesem Zusammenhang aber auch, dass – ähnlich der Situation in anderen Industrieländern – auch in der Bundesrepublik Deutschland der Mineralölanteil am Primärenergieverbrauch im Laufe der ersten Nachkriegsjahrzehnte auf über 50 % und der Versorgungsbeitrag der OPEC auf 85 % angestiegen war. Selbst die USA sahen sich gezwungen, zunehmend auf Öllieferungen vom Weltmarkt zurückzugreifen.

Inzwischen hat sich die Versorgungslage in der Bundesrepublik Deutschland durch Reduzierung des Ölanteils auf unter 40 %, die Erschließung neuer Ölförderregionen wie der Nordsee, steigende Bezüge aus Russland, die Substitution von Öl durch Erdgas, Importkohle und Kernenergie sowie die systematische Ausschöpfung der Effizienzsteigerungspotenziale deutlich entspannt. Nach wie vor bleibt jedoch die marktbeherrschende Stellung der OPEC – dominiert von den arabischen Förderstaaten – mit ihren außerordentlich niedrigen Förderkosten bestehen. Sie zeichnet zwar „nur“ verantwortlich für 30 bis 40 % der Weltölförderung, vertritt jedoch die Interessen von 60 % des Welthandels. Ihre Bedeutung wird wachsen, da sie über einen Anteil von 80 % der Rohölreserven verfügt und bereits mittelfristig erwartet werden muss, dass die Öllieferungen zunächst aus dem britischen, später auch aus dem norwegischen Teil der Nordsee zurückgehen werden. Die Entwicklung der neuen Rohölexportregion Kaspischer Raum hat die weltweit bedeutendste, politisch jedoch – wie die immer wieder aufflackernden Konflikte belegen – instabile Ölexportregion lediglich nach Norden erweitert. Darüber hinaus haben nicht der OPEC angehörende wichtige Exportländer in der Vergangenheit ihre Förderpolitik mit der OPEC koordiniert, um ein – an den Kosten gemessen – vergleichsweise hohes Rohölpreisniveau zu stabilisieren.

Im Gegensatz zum Öl setzt die seit den 70er Jahren stark steigende Erdgasversorgung Kontinentaleuropas den Aufbau einer transkontinentalen Leitungsinfrastruktur voraus. Denn der zusätzliche Bedarf, der aus eigener Förderung sowie dem Bezug aus den Niederlanden und der norwegischen Nordsee nicht befriedigt werden kann, muss durch Importe, im wesentlichen aus den GUS-Staaten, gedeckt werden.

Angesichts des für Europa relevanten, auf wenige Förderregionen konzentrierten Angebots könnte die Bedeutung Russlands als Gaslieferant im Zuge einer – klimapolitisch bedingten – Ausweitung der Nachfrage noch weiter steigen. Verstärkt würde diese Entwicklung durch die Umsetzung des Beschlusses zum Ausstieg aus der Kernenergie.

Die bisherigen hohen Bezüge der Bundesrepublik Deutschland aus den Niederlanden werden bereits mittelfristig aufkommensbedingt zurückgefahren. Zusätzliche Importe aus Norwegen über die bereits vertraglich vereinbarten Lieferungen hinaus stoßen auf Grenzen. Daher kommen als nennenswerte weitere Aufkommensquellen entweder nur die GUS, deren südliche Anrainerstaaten oder unter Berücksichtigung von Reserven und Transportkosten Nord- und Westafrika bzw. wiederum der Nahe Osten in Frage.

Es ist daher davon auszugehen, dass die deutsche wie die europäische Energieversorgung insgesamt auf absehbare Zeit in hohem Maße von Weltregionen abhängig sein wird, in denen politisch instabile Staaten mit gravierenden religiösen, sozialen und ökonomischen Problemen dominieren und immer wieder lokale oder regionale Konflikte mit weitreichenden Konsequenzen für eine ungestörte Versorgung aufflammen können. Hieraus können sich weitreichende Risiken entwickeln, wie z. B. temporäre Lieferunterbrechungen als Ergebnis eines Boykotts oder einer Zerstörung von Produktions-, Transport- oder Verladeeinrichtungen oder auch spekulativ verstärkte Preissteigerungen. Die sozialen Spannungen zwischen Reich und Arm, zwischen sozialistischen und feudalen Staaten sowie die weiterschwelenden Konflikte (Israel/ Palästina, Irak/ Iran, Irak/ Kuwait, Indien/ Pakistan) sind Beispiele für immer wieder aufflackernde Auseinandersetzungen. Darüber hinaus existieren erhebliche Risikopotenziale aufgrund regionaler Grenzkonflikte um kohlenwasserstoffhöffige Schelfgebiete (Südatlantik, Südchinesisches Meer, Nördliches Eismeer).

Ein Konzept nachhaltiger Energieversorgung muss diese Risiken explizit mit einbeziehen.

Zum Risikoausgleich stehen nach wie vor die klassischen Maßnahmen Diversifizierung nach Energieträgern und Lieferregionen, Vorratshaltung und Effizienzsteigerung zur Verfügung. Parallel dazu müssen jedoch die Beziehungen zu den Lieferländern intensiviert werden, um durch wirtschaftliche und politische Entwicklung in diesen Regionen das Konfliktpotenzial abzubauen und die Einsicht wachsender gegenseitiger Interdependenz zu fördern.

3.2.3 Zunehmende Konkurrenz um günstige Angebote auf dem Weltmarkt

Bei der Deckung ihres Bedarfs an Importenergie treffen Industrieländer wie die Bundesrepublik Deutschland auf dem Weltmarkt in zunehmendem Maße auf die Konkurrenz von Schwellen- und Entwicklungsländern. Für die meisten dieser Staaten sind und bleiben fossile Energieträger das Fundament zur Sicherung ihres Energiebedarfs. Der unverzichtbare wirtschaftliche Entwicklungsprozess ist nicht nur mit der Bereitstellung eines kostengünstigen Angebots an Energieträgern verbunden, sondern nur auf Basis bewährter Technik zu realisieren. Dies führt zu einem vergleichsweise geringen Einsatz von Kapital, das sich in vielen Fällen als eigentlicher Engpass erweist.

Ansprüche der Entwicklungs- und Schwellenländer, am kostengünstigen Weltenergieangebot zu partizipieren, werden in Zukunft dramatisch ansteigen. Die in jüngerer Vergangenheit vorgelegten Projektionen weisen eine Entwicklung auf, die in den nächsten Jahrzehnten zu einem Anstieg des weltweiten Energiebedarfs zumindest um weitere 50 % führen wird, je nach Annahmen möglicherweise aber auch zu einer Verdopplung oder sogar Verdreifachung. Dieser Verbrauchsanstieg wird im wesentlichen

von den Entwicklungs- und Schwellenländern getragen, wobei der Energiebedarf von Ländern wie China oder Indien bereits in den ersten Jahrzehnten dieses Jahrhunderts den der USA und erst recht den der EU übersteigen wird. Ohne gravierende energiepolitische Eingriffe wird der bei weitem größte Teil dieses Energiebedarfs auf absehbare Zeit durch die vom Weltmarkt bereitzustellenden fossilen Energieträger gedeckt werden müssen.

Für die Belastbarkeit der in diesen Projektionen zum Ausdruck kommenden Einschätzung spricht, dass die entscheidenden Weichen für einen Anstieg der Weltbevölkerung von heute 6 auf 9 bis 11 Mrd. Menschen bis zum Jahre 2050, und zwar im wesentlichen in den Schwellen- und Entwicklungsländern bei gleichzeitiger Stagnation in den Industriestaaten, bereits heute gestellt sind: Der Altersaufbau der Bevölkerung, gerade in den Entwicklungs- und Schwellenländern, ist gekennzeichnet durch einen hohen Anteil heiratsfähiger Jugendlicher. Dank besserer medizinischer Versorgung und Ernährung sinkt die Säuglingssterblichkeit, während die Lebenserwartung steigt. Religiöse Tabus und tradierte sowie von ökonomischen Zwängen bestimmte Einstellungen verstärken diese Entwicklung. Zur Ernährungssicherung der wachsenden Bevölkerung muss die Landwirtschaft revolutioniert werden. Hierfür sind ausreichende Bewässerung, Mechanisierung, Kunstdüngung sowie eine wesentlich zu verbessernde Eiweißversorgung erforderlich. Alle Maßnahmen bedingen einen steigenden Energieeinsatz.

Im Aufholprozess gegenüber der industrialisierten Welt benötigen die Entwicklungs- und Schwellenländer einen verstärkten Einsatz von Energie. Städtische Agglomerationen gewinnen gegenüber heute zunehmend an Bedeutung. Der dortige Energiebedarf kann allenfalls additiv durch dezentrale Versorgungssysteme gedeckt werden.

Selbst eine Senkung des Energieverbrauchs, wie sie in vielen Industrieländern dank zunehmender Sättigungstendenzen, der Fortsetzung der Umstrukturierung reifer Volkswirtschaften und weiterer Erfolge in der Entwicklung und Markteinführung effizienterer Technologien auf allen Ebenen der Energieversorgung in Zukunft erwartet werden kann, vermag diesen von den Entwicklungs- und Schwellenländern vorgegebenen Verbrauchsanstieg bei weitem nicht zu kompensieren. Selbst wenn es gelingen sollte, durch Kapital- und Know-how-Transfer diese Länder am technischen Fortschritt wesentlich stärker als in der Vergangenheit partizipieren zu lassen, werden diese mit großer Wahrscheinlichkeit in absehbarer Zeit nicht den Lebensstandard der Industrieländer erreichen.

3.2.4 Konsequenzen

Aufgrund der sich ändernden Rahmendaten müssen entsprechende Konsequenzen für das Konzept einer nachhaltigen Energieversorgung gezogen werden:

Die Schwellen- und Entwicklungsländer wie z. B. China oder Indien werden als weitere potente Nachfrager und damit als Wettbewerber um die Ressourcen auf den Weltmärkten auftreten. Daraus resultiert eine weiterhin hohe – und voraussichtlich steigende – Abhängigkeit von ungestörten Öl- und Erdgaszufuhren aus krisenanfälligen Gebieten mit den damit verbundenen Problemen der Sicherung der Versorgung. Solange ausgeprägte Möglichkeiten der Umverteilung ökonomischer Renditen existieren, wie sie bei der derzeitigen Besteuerung von Öl und Erdgas gegeben sind, werden auch längerfristig Spielräume für weitere Preissteigerungen gegeben sein.

Die industrialisierte Welt ist zunehmend verpflichtet, den Wachstumsprozess in den Entwicklungs- und Schwellenländern zu unterstützen. Dabei müssen die Weltenergiemärkte durch geeignete Maßnahmen der Industriestaaten zugunsten der Entwicklungs- und Schwellenländer entlastet werden. Die Industriestaaten, die spezifische Vorteile aufgrund ihres Entwicklungsstandes, ihrer strukturellen Voraussetzungen sowie ihrer Kapitalausstattung gegenüber den Entwicklungs- und Schwellenländern haben, müssen sich auf kapital- und wissensbasierte, nicht zuletzt leitungsgebundene Energiesysteme konzentrieren. Ein Verzicht auf einzelne Energieträger, wie z. B. auf die Kernenergie, die für die Industrieländer als eine der wenigen verbleibenden und belastbaren Optionen anzusehen ist, ist vor diesem Hintergrund unvertretbar.

Die Industrieländer müssen mit einer breit angelegten Forschungs- und Entwicklungsoffensive nicht nur das Spektrum verfügbarer Optionen erweitern, sondern auch die Basis für eine Fortsetzung der Effizienzsteigerung auf allen Stufen der Energieversorgung schaffen sowie Impulse für neue Energiesysteme geben und technische Lösungen für die Bewältigung der befürchteten Klimagefahren vorantreiben.

Darüber hinaus sind die Entwicklungs- und Schwellenländer, die Transformationsstaaten Zentral- und Osteuropas sowie die GUS-Staaten mit Hilfe von Kapital- und Know-how-Transfer in eine Nachhaltigkeitskonzeption einzubeziehen. Institutionen, die diese Transferleistung zu erbringen vermögen, sind ebenso unverzichtbar wie die Schaffung von Anreizstrukturen zur Mobilisierung der Marktkräfte.

Die Intensivierung der internationalen Zusammenarbeit und die Ergänzung bislang primärenergie- und umweltpolitischer Bezüge um entwicklungs-, gesellschafts- und außenpolitische Dimensionen sind Grundlage einer nachhaltigen Energieversorgung.

Regionale Konflikte lassen sich immer weniger in ihren Auswirkungen begrenzen. Mit der Entstehung einer multipolaren Welt mit neuen Kraftzentren in China, Südostasien und Lateinamerika und des Wegfalls des Ost-West-Konflikts wird sich die Globalisierung und damit die gegenseitige Abhängigkeit der Staaten dieser Welt verstärken. Der globalen Dimension der Versorgungs- und Entsorgungsprobleme kann daher nur durch partnerschaftliche Zusammenarbeit begegnet werden.

3.3 Die Liberalisierung der Energiemärkte

3.3.1 Die Liberalisierung im EU-Binnenmarkt

Die Initialzündung für die Liberalisierung und Deregulierung der europäischen Energiemärkte waren die

Binnenmarktrichtlinien Strom (1996) und Gas (1998) der Europäischen Union. Mit der Öffnung der bis dahin national abgegrenzten und monopolistisch strukturierten Märkte soll auch für Strom und Gas ein funktionierender Binnenmarkt entstehen, der den Bedürfnissen des Kunden entspricht und durch die volle Ausschöpfung des Rationalisierungspotenzials die Versorgung mit leitungsgebundenen Energieträgern sichert. Die dafür in den Richtlinien vorgesehenen Schritte zur Marktöffnung wurden dabei in der Praxis weit übertroffen. Nach Angaben der Europäischen Kommission waren bis 2001 im Durchschnitt der Europäischen Union rund 69 % des Elektrizitätsmarktes und 79 % des Gasmarktes für Wettbewerb geöffnet.[15]

Allerdings ist festzustellen, dass die Öffnung der Märkte in den einzelnen Mitgliedstaaten sehr unterschiedlich erfolgt und auch weiterhin zum Teil beträchtliche nichttarifäre Hemmnisse existieren, was erhebliche Wettbewerbsverzerrungen auf den nationalen Energiemärkten nach sich zieht.

3.3.2 Die Liberalisierung der deutschen Energiemärkte

Die deutschen Energiemärkte haben sich bereits traditionell – aber im Zuge des Liberalisierungsprozesses noch verstärkt – in hohem Maße international ausgerichtet. Dies muss die deutsche Energiepolitik berücksichtigen: Eine Fokussierung lediglich auf das nationale Umfeld wird der Einbettung der deutschen Energieversorgung in den weltweiten Kontext nicht gerecht.

Die zentralen in Zukunft zu lösenden Probleme tragen globalen Charakter. Sie verlangen globale Lösungen.

Deutschland hat bereits 1998 die gesetzlichen Voraussetzungen für eine vollständige Öffnung seiner Strom- und Gasmärkte geschaffen und diese inzwischen auch durch vertragliche Vereinbarungen zwischen den wichtigsten Kontrahenten auf diesen Märkten ergänzt und konkret umgesetzt. Der mit der Novelle des Energiewirtschaftsgesetzes einhergehende Paradigmenwechsel hat im deutschen Elektrizitätsmarkt zu einer wesentlichen Verstärkung des Wettbewerbs geführt, so dass Deutschland heute neben Großbritannien und den skandinavischen Staaten den wettbewerbsintensivsten Strommarkt in der Europäischen Union aufweist. Als Ergebnis sind – allerdings verstärkt durch beträchtliche Überkapazitäten in der Erzeugung – die Strompreise auf der Großhandelsstufe in Deutschland zeitweise um über 50 % für Industriekunden und um bis zu 15 % für Haushalte innerhalb der EU am stärksten gesunken.[16] Diese Preissenkungen sind jedoch inzwischen durch eine Reihe umwelt- und energiepolitischer Maßnahmen (EEG, KWK-Gesetz und Ökosteuer) für den privaten, aber auch für den kleineren gewerblichen Verbraucher wieder weitgehend aufgezehrt worden.

Es darf jedoch erwartet werden, dass sich auch im ehemaligen Tarifabnehmerbereich der Wettbewerb weiter intensiviert. Hierfür wurden nicht zuletzt durch Interventionen des Kartellamtes entscheidende Weichen gestellt, wenn auch noch längst nicht alle Hürden überwunden sind. Als Ergebnis des Anpassungsprozesses der Elektrizitätswirtschaft und als Reaktion auf die grundlegenden Veränderungen ist nicht zuletzt auch ein erheblicher Konzentrationsprozess eingetreten. Dieser muss vor dem Hintergrund des sich etablierenden größeren europäischen Marktes und im Hinblick auf das Auftretens mehrerer Hundert neuer Anbieter auf dem deutschen Markt interpretiert werden. Deshalb ist eine sorgfältige Beobachtung der weiteren Entwicklung von Marktverhalten und Marktergebnissen notwendig.

Im deutschen Gasmarkt ist der Wettbewerb nicht zuletzt auf Grund der zeitlich späteren Verabschiedung der EU-Binnenmarktrichtlinie Gas noch nicht so weit fortgeschritten wie im Strommarkt. Im Frühjahr 2002 ist jedoch auch hier mit der erneuten Novellierung des Energierechts ein entscheidender Schritt für die Marktöffnung gelungen. Über 70 erfolgreich durchgeführte Durchleitungen sowie die Tatsache, dass von 13 in Europa identifizierten großen Gasplayern bereits 7 in Deutschland tätig sind,[17] belegen, dass der Wettbewerb auch auf dem deutschen Gasmarkt grundsätzlich funktioniert. Dennoch sind immer noch nicht sämtliche Forderungen erfüllt, die insbesondere seitens industrieller Verbraucher erhoben werden. Auch steht die konkrete Umsetzung der in der fortentwickelten Verbändevereinbarung II Gas zwischen den wichtigsten Kontrahenten getroffenen Vereinbarungen noch zum Teil aus. Entscheidend für die Intensivierung des Wettbewerbs im Gasbereich ist der Aufbau einer ausreichenden Liquidität. Dies setzt entsprechende Angebote seitens der begrenzten Zahl ausländischer Lieferanten voraus. Herrschte in dieser Beziehung lange Zeit erhebliche Skepsis vor, so mehren sich in jüngster Zeit die Anzeichen, dass mit der Auflösung der staatlichen norwegischen Exportkoordinationsstelle, dem Aufbau leistungsfähiger Pipelineverbindungen zu neuen Gasexportregionen und der Weiterentwicklung des weltweiten LNG-Handels eine entscheidende Verstärkung der Gasangebote einhergehen könnte.

Damit steht fest, dass der Liberalisierungsprozess in Deutschland erfolgreich eingeleitet worden, aber keinesfalls abgeschlossen ist. Als wesentliches Element einer Strategie nachhaltiger Energieversorgung bedarf dieser der permanenten Überprüfung. Erwartete Ergebnisse müssen hinsichtlich der Effizienzsteigerung und einer konsequenten Kundenorientierung überprüft werden. Notfalls, sofern erforderlich, müssen staatliche Eingriffe zur Sicherung eines funktionsfähigen Wettbewerbs im Elektrizitäts- und Gasbereich vorgenommen werden.

[15] Europäische Kommission (2001): Erster Bericht über die Verwirklichung des Elektrizitäts- und Erdgasbinnenmarktes, Arbeitsdokument der Kommissionsdienststellen v. 3. Dezember 2001.

[16] Vergleiche auch EWI (2002): Indikatoren der Liberalisierung des Elektrizitätsmarktes in Europa v. 14. Januar 2002.

[17] DRI-WEFA (2001): Report for the European Commission Directorate General for Transport and Energy to determine changes after opening of the Gas Market in August 2000.

3.4 Schlussfolgerungen für ein Konzept nachhaltiger Energiewirtschaft

Das Konzept nachhaltiger Energiewirtschaft verlangt die gleichrangige Verfolgung ökologischer, ökonomischer wie sozialer Zielsetzungen. Es ist nicht nur in den größeren europäischen Rahmen, sondern angesichts des globalen Charakters der zentralen Herausforderungen der nächsten Jahrzehnte in den globalen Kontext eingebettet.

Vor diesem Hintergrund ist festzustellen, dass eine nachhaltige Energieversorgung durch die Liberalisierung der Energiemärkte und die zunehmende Globalisierung per Saldo eindeutig gefördert und keineswegs beeinträchtigt wird. Liberalisierung und Globalisierung schaffen erst die Voraussetzungen dafür, dass sich die Marktkräfte voll zu entfalten vermögen, die Allokation der Produktionsfaktoren verbessert und die Wohlfahrt für alle Beteiligten gemehrt werden kann.

In einem solchen Umfeld können soziale, ökonomische wie ökologische Belange bestmöglich verwirklicht werden. Voraussetzung hierfür ist allerdings, dass der Staat gerade im Hinblick auf die sich aus einem zunehmend liberalisierten und globalisierten Umfeld ergebenden Herausforderungen einen geeigneten, langfristig verlässlichen Ordnungsrahmen schafft, einen funktionsfähigen Wettbewerb sichert und das Entstehen neuer Marktunvollkommenheiten, wie z. B. eines Übermaßes an Marktmacht, verhindert.

Gleichzeitig muss der Staat bemüht sein, externe Effekte zu internalisieren, so schwierig die sich in diesem Zusammenhang stellenden Fragen der Identifizierung und Quantifizierung, der Monetarisierung und Bewertung im Einzelnen auch sein mögen. Hemmnisse, die gegebenenfalls dem Wirken des Marktmechanismus entgegenstehen, müssen beseitigt werden. Auch hierbei kann staatliches Handeln nur durch explizite Begründung jedes Eingriffs und der Wahl der für geeignet angesehenen Instrumente und Strategien auf Basis der Kriterien Effektivität, Effizienz und minimaler Trade Offs legitimiert werden. (Vgl. Kap. 6)

4 Potenziale, Forschung und Entwicklung

Eine moderne Industriegesellschaft ist in entscheidendem Maße auf die sichere, umweltfreundliche und wirtschaftliche Versorgung mit Strom und Wärme angewiesen. Um dies zu gewährleisten, hat die Energiewirtschaft in den vergangenen Jahrzehnten eine Infrastruktur aufgebaut, die durch Veränderungen von politischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen weiterentwickelt worden ist. Dieser Prozess wird sich fortsetzen:

– Einerseits resultieren aus den gegenwärtig ablaufenden Prozessen wie Liberalisierung und Globalisierung Veränderungen, auf die die Energiewirtschaft reagieren muss, wenn sie weiterhin ihre Aufgaben erfüllen will.

– Andererseits können sich aus der Debatte um eine nachhaltige Entwicklung zusätzliche Impulse ergeben, die sich auch auf energiewirtschaftliche Strukturen auswirken und zu Veränderungen führen werden.

Die bisherige Entwicklung hat auch gezeigt, dass in einer modernen Industriegesellschaft die individuelle Mobilität und die verteilte Produktion von Gütern an unterschiedlichen Standorten zunehmen. Dem Transport von Personen und Gütern kommt daher in einer arbeitsteiligen Gesellschaft eine grundlegende und unverzichtbare Bedeutung zu. Für Personen- und Güterverkehr wurde dementsprechend ebenfalls eine Infrastruktur auf- und ausgebaut. Hier zu zählen Flug-, Binnen- und Seehäfen sowie ein entsprechendes Netz an Verkehrswegen.

Nachhaltige Entwicklung bedeutet auch, Antworten darauf zu finden, wie die Menschen ihr Leben zukünftig gestalten wollen. Neben vielen grundsätzlichen Aspekten ist in diesem Zusammenhang die Frage zu untersuchen, welche Optionen zur Verfügung stehen und wie eine einzelne Option hinsichtlich ihres Potenzials zu bewerten ist. Dabei ist zwischen dem theoretischen, dem technischen und dem wirtschaftlichen Potenzial zu unterscheiden. Hinzu kommt, dass eine derartige Bewertung zeitabhängig ist, also in regelmäßigen Abständen überprüft werden muss.

Potenziale zeigen Möglichkeiten auf. Es bedarf in der Regel systematischer und langfristig angelegter Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten, sie zu erschließen bzw. sie zu erweitern, da nur auf diese Weise Kenntnisse vertieft und ausgebaut werden können. Eine Gesellschaft, die ihre Zukunft im Sinne nachhaltiger Entwicklung aktiv gestalten will, muss daher in angemessenem Umfang Forschung und Entwicklung im Energiebereich betreiben.

– So entfallen im Sektor private Haushalte mehr als 80 % der Endenergie auf die Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser.

– Im Sektor Industrie dominieren die Prozesswärme mit nahezu 60 % und mechanische Energie mit einem Anteil von etwa 20 % am Endenergieeinsatz.

– Im Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) liegt der Anteil der Endenergie für Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme bei mehr als 70 %.

– Im Sektor Verkehr dominiert die mechanische Energie; hier ist eine Aufschlüsselung nach Treibstoffen aussagekräftiger.[18]

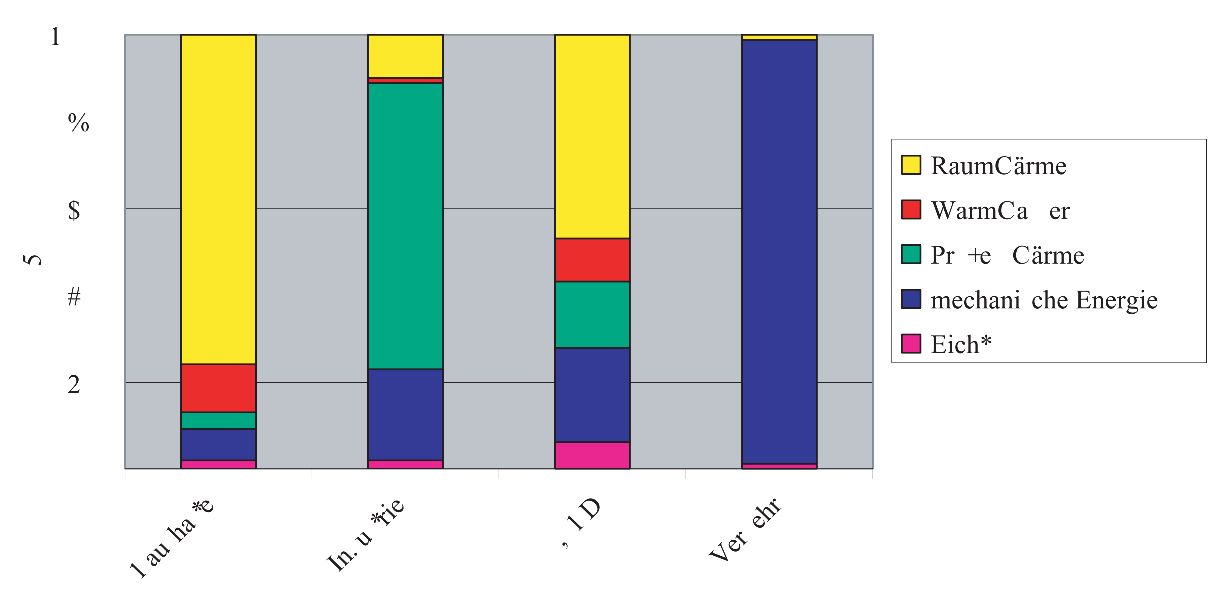
4.1 Strom

Strom wird benötigt, um Gebäude zu beleuchten und zu klimatisieren, um Lasten und Personen zu transportieren sowie um Nahrungsmittel aufzubewahren und zuzubereiten. Industrielle Produktionsprozesse, moderne Systeme zur Telekommunikation und zur Datenverarbeitung können ohne Strom nicht betrieben werden. Es zeichnet sich ab, dass diese Anwendungsfelder für Strom in ihrer Bedeutung zunehmen werden. Daher wird die effiziente, umweltfreundliche und sichere Erzeugung, Bereitstellung und Nutzung von Strom auch im Zusammenhang mit nachhaltiger Entwicklung große Bedeutung haben.

[18] Siehe Kapitel 4.3 Verkehr.

Bild 1





Quelle: AG Energiebilanzen

Vor diesem Hintergrund ist es sinnvoll, die Potenziale und Möglichkeiten der Stromanwendungs- und -erzeugungsoptionen sowie der rationellen Stromnutzung auszuloten und zu bewerten.

4.1.1 Stromverbrauch

Während in den 70er und 80er Jahren in Deutschland die jährlichen Steigerungsraten des Stromverbrauchs mit etwa 4 % (zum Teil sogar sehr viel höher) extrem hoch lagen, fallen die aktuelleren Werte mit 1 bis 1,5 % deutlich niedriger aus. Konjunktur- und witterungsbedingt lag der Zuwachs im Jahr 2001 gegenüber dem Vorjahr bei lediglich etwa 0,5 %. Insgesamt lässt sich also nur noch eine moderate Steigerung des Nettostromverbrauchs feststellen, vielleicht gibt es Anzeichen einer Sättigung (Vgl. Kap. 5, Tab. 21 Stromerzeugung im Referenzszenario). Bedingt durch die Liberalisierung sind die Strompreise seit 1998 deutlich gesunken. Eine Zunahme zusätzlicher Stromanwendungen und somit des Stromverbrauchs ist aber eher unwahrscheinlich, da zukünftig wieder steigende Strompreise das Konsumverhalten beeinflussen werden. Einem zusätzlichen Einsatz von Strom im Wärmemarkt wie z. B. durch Wärmepumpen, sind daher Grenzen gesetzt.

Etwa 46 % des Stroms werden heute von der Industrie verbraucht, ca. 27 % von den privaten Haushalten sowie etwa 23 % von den Kleinverbrauchern. Der Rest von etwa 4 % entfällt auf den Verkehrssektor (Bild 2).

Für die Reduzierung des endenergieseitigen Stromverbrauchs besteht eine Vielzahl von technischen Möglichkeiten. Wichtige Bereiche werden im Folgenden kurz skizziert:

Nach Cremer[19] werden gegenwärtig (1998) etwa 48 % des Verbrauchs an elektrischem Strom für elektrische Antriebe eingesetzt. Sie sind überwiegend in der Industrie zu finden. Für ihren Einsatz werden jährlich etwa 127 TWh benötigt. Im Sektor Kleinverbrauch beträgt der Stromeinsatz für elektrische Antriebe ca. 50 TWh. Große technische Einsparpotenziale bestehen in diesem Bereich im wesentlichen durch den Einsatz energieeffizienter Elektromotoren, durch Optimierung des Gesamtsystems, durch eine effiziente Kraftübertragung sowie drehzahlgesteuerte Motoren. Für beide Sektoren wird ausgehend von den Verbräuchen des Jahres 1998 ein technisches Einsparpotenzial von 25,7 TWh angegeben.

Gemäß der Analyse von Cremer[20] machen Bereitschaftsschaltungen einen deutlichen Teil des Haushaltsstromverbrauchs aus. Rechnet man die Schätzungen von Böde et al.[21] auf das Jahr 1998 hoch, liegt der Wert bei etwa 17,6 TWh. Über analoge Werte aus den Sektoren Kleinverbrauch und Industrie liegen keine Schätzungen vor. Große Einsparpotenziale werden vor allem beim Standby-Mode und beim Scheinaus-Zustand gesehen.

Bezogen auf das Jahr 1998 wird das Einsparpotenzial bei den privaten Hauhalten für diesen Bereich auf 83 % (ca. 15 TWh) geschätzt. Etwa 49 TWh des elektrischen Stromverbrauchs entfallen auf die Beleuchtung, was etwa 10 % des heutigen gesamten endenergieseitigen Stromverbrauchs entspricht. Der durchschnittliche Nutzungsgrad

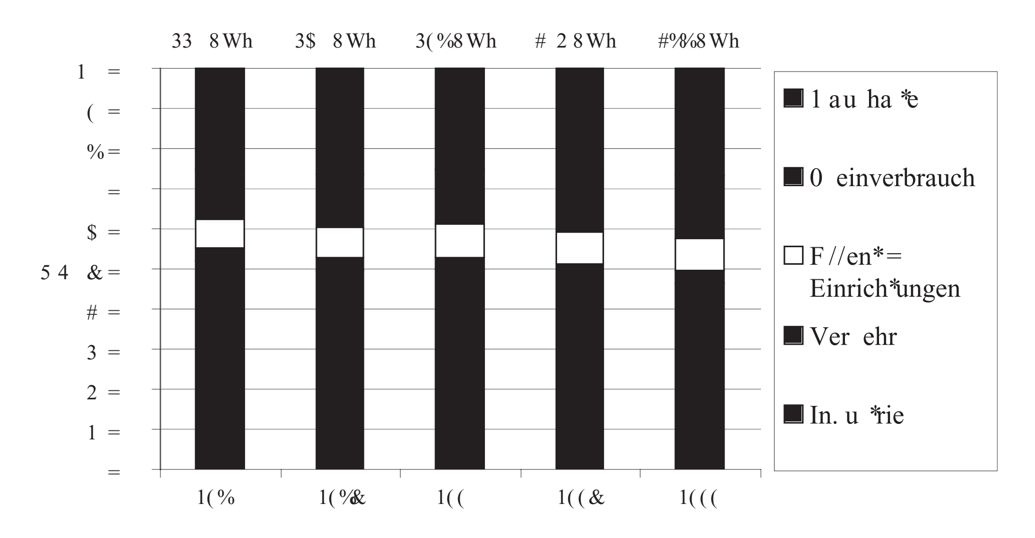
19 Cremer et al, 2001.

20 Siehe Fußnote 19.

21 Böde et al., 2000.

Bild 2

Nettostromverbrauch nach Sektoren



Quelle: BMWi: Energie Daten)

heutiger Lampen liegt nach Cremer[22] bei etwa 7,8 %, was auf ein erhebliches Einsparpotenzial hindeutet. Wichtige Optionen liegen im Bereich effizienterer Beleuchtungssysteme, der Verwendung von Steuerungseinrichtungen sowie in der verstärkten Nutzung von Tageslicht. Das identifizierte technische Einsparpotenzial unter Einbeziehung von Verhaltensmaßnahmen wird in der oben genannten Studie mit etwa 77 % geschätzt, wobei der absolute Stromverbrauch für die Beleuchtung auf einen Wert von ca. 12 TWh reduziert werden könnte.

Etwa 57 TWh wurden bei den privaten Haushalten für den Betrieb von Waschmaschinen, Trocknern, Geschirrspülern, Kühl- u. Gefriergeräten, Elektroherden sowie sonstigen mechanischen Geräten eingesetzt. Die Möglichkeiten technischer Einsparung sind auch für diesen Bereich gegeben. Nach Cremer[23] besteht ein technisches Einsparpotenzial von gut 25 TWh.

Neben technischer Innovation wird im Kontext von nachhaltiger Entwicklung immer wieder auch der Aspekt des Stromsparens durch Verhaltensänderung thematisiert. Die in der Literatur dazu genannten Potenziale sind nicht vernachlässigbar.[24] Untersuchungen haben aber auch gezeigt, dass fehlende Informationen und Kenntnisse über energetische Zusammenhänge eine Ursache dafür darstellen, dass diese Potenziale erst unzureichend erschlossen sind. Konzepte, die einen derartigen Prozess unterstützen, wie z. B. die Schaltung einer Beleuchtung durch Bewegungsmelder oder den vermehrten Einsatz von Kommunikationstechnik, befinden sich in der Entwicklung bzw. müssen noch gezielter in den Markt eingeführt werden. Derartige Aufgaben gehören zum Kerngeschäft von Energieagenturen. Insgesamt wurden in Deutschland im Jahr 2000 für Informations- und Kommunikationszwecke rund 35 TWh Strom eingesetzt.[25]

Neben den dargestellten Möglichkeiten der Stromeinsparung gibt es auch Möglichkeiten, durch einen verstärkten Stromeinsatz fossile Brennstoffe zu substituieren und damit eine Minderung der Treibhausgasemissionen zu erreichen. Industrie und Gewerbe liefern zahlreiche Beispiele für moderne Elektrowärmeverfahren sowie Anwendungen elektrischer Kraft.

Mit Hilfe von Mikroprozessoren, also (geringem) Stromeinsatz, können Prozesse heute fein geregelt und damit energetisch optimiert werden. In den privaten Haushalten und im Dienstleistungssektor werden Heizung und Warmwasserbereitung elektronisch gesteuert. Die Wärmepumpe dringt als Heizungssystem vor. Elektrische Schienenfahrzeuge sind wesentlich effizienter als solche mit Diesel- oder gar Kohleantrieb. Jede Verlagerung von Verkehr auf die Schiene bedeutet daher „Energiesparen mit Strom“. Zunehmend lassen sich Fahrten mit dem Pkw durch (stromgebundene) Kommunikationstechniken ganz vermeiden, etwa durch Video-Konferenzen, Heimarbeit (Tele-Arbeit) und Online-Banking. Insgesamt ergeben sich durch derartige Stromanwendungen beachtliche Potenziale für eine Steigerung der Energieeffizienz und zur Minderung der Treibhausgasemissionen.

Weitergehende Ansätze, die – im Gegensatz zur Effizienz – unter dem Begriff Suffizienz zusammengefasst werden,

22 Siehe Fn 19.

23 Siehe Fn.19.

24 Vergleiche Kapitel 4.2.

25 VDEW Materialien: Endenergieverbrauch in Deutschland 2000

stellen ganze Konsummuster in Frage und bezweifeln ihre Vereinbarkeit mit nachhaltiger Entwicklung. Die Debatte hierzu steht erst am Anfang. Ihr derzeitiger Stand lässt eindeutige und weitreichende Schlussfolgerungen nicht zu.

4.1.2 Stromerzeugung

Die Stromerzeugung muss insbesondere im Hinblick auf ihre brennstoffspezifische Zusammensetzung sowie die Entwicklung des Kraftwerksparks unter Berücksichtigung des in der Vergangenheit monopolisierten Marktes betrachtet werden. Darüber hinaus ist der Einfluss politischer Rahmenbedingungen zu berücksichtigen, die insbesondere der strategischen Versorgungssicherheit Rechnung tragen sollten. Beispielhaft sei an dieser Stelle die Kohlevorrangpolitik, der Ausbau der Kernenergie sowie der Ausbau der Fernwärmeversorgung genannt. Der Ausbau der Kraftwerkskapazität richtete sich nach den damaligen Stromverbrauchsprognosen. Die heutige installierte Kraftwerksnettoleistung liegt bei knapp 120 GW, wovon etwa 101 GW der öffentlichen Versorgung, ca. 11 GW der Industrie sowie fast 8 GW sonstigen Erzeugern zugerechnet werden. Gut 20 % der installierten EU-weiten Kraftwerkskapazität befindet sich somit in Deutschland.

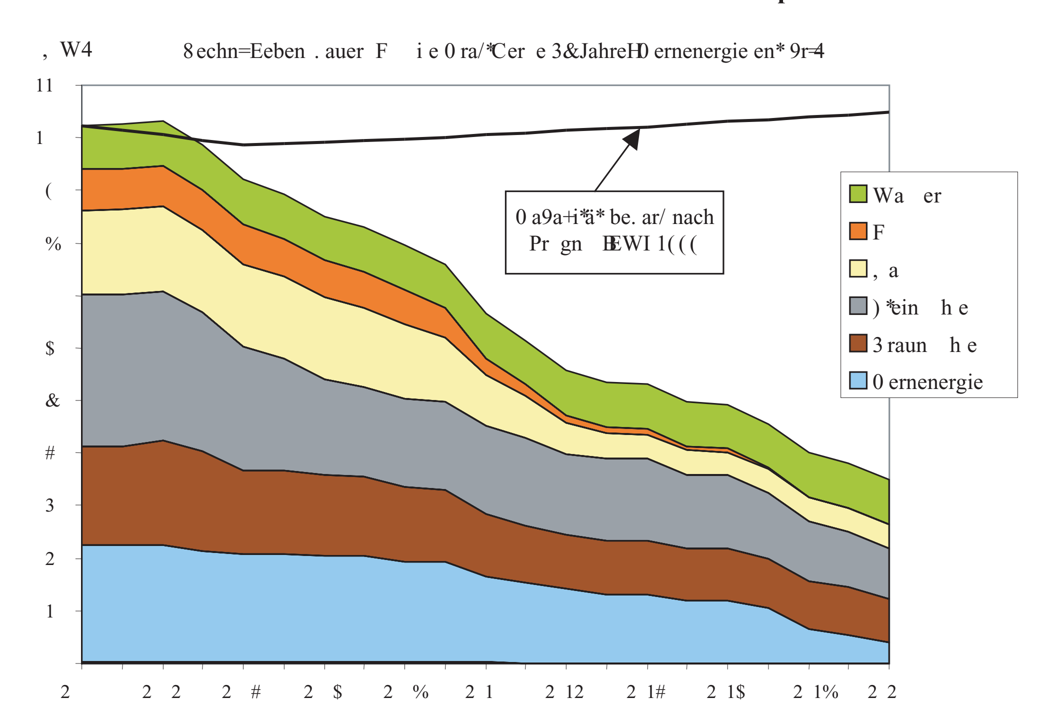
Etwa 30 % der Stromerzeugung entfallen derzeit auf die Kernenergie, 50 % auf die Kohleverstromung, 9 % auf Erdgas sowie ca. 7 % auf Wind und Wasser. Der grenzüberschreitende Stromtransport war – wie in den Vorjahren – im Jahr 2000 mit 45 TWh (Import) bzw. 42 TWh (Export) nahezu ausgeglichen.

Mit der 1998 EU-weit in Kraft getretenen Binnenmarktrichtlinie Elektrizität wurden die Weichen für einen entmonopolisierten und liberalisierten Energiemarkt gestellt. Diese Entwicklung beeinflusst zukünftige Kapazitätsplanungen. Ausgangspunkt der Planungen ist die derzeit verfügbare freie Kraftwerksleistung, die nach der Leistungsbilanz der allgemeinen Stromversorgung in Deutschland zum Zeitpunkt der Jahreshöchstlast 2000 am 14. November 2000 bei 3,8 GW (1999: 9 GW) lag. Die Kraftwerksplanungen orientieren sich aber nicht ausschließlich an der freien Kraftwerksleistung, sondern zielen auf den Abbau sogenannter Überkapazitäten, deren Höhe auf ca. 15 GW geschätzt wird.[26] Der Neubau von größeren Kraftwerken beschränkt sich derzeit hauptsächlich auf den Bau von Contracting-Anlagen.

Inwieweit und in welcher Höhe ein zukünftiger Kraftwerks(ersatz)zubau voraussichtlich erforderlich sein wird,

Bild 3

Sterbelinie des öffentlichen deutschen Kraftwerksparks



[26] Markewitz,/Vögele 2002.

verdeutlicht Bild 3. Dargestellt ist die heute bestehende sowie in Bau befindliche öffentliche Kraftwerksleistung, die mit einer technischen Lebensdauer von 35 Jahren fortgeschrieben wurde. Kernkraftwerke sind entsprechend den in der Ausstiegsvereinbarung enthaltenen Randbedingungen erfasst. Würden zukünftig keine Kraftwerke hinzugebaut, käme es zu dem dargestellten Kapazitätsrückgang. Unter Berücksichtigung der getroffenen Annahmen würde die Kapazität bis zum Jahr 2020 um etwa 60 % abnehmen. Die Abbildung verdeutlicht, dass insbesondere nach dem Jahr 2010 ein Kapazitätsersatz erfolgen muss, wenn nicht die Stromimporte deutlich gesteigert und gleichzeitig die Nachfrage in hohem Maß gesenkt werden soll.

Keine der beiden Möglichkeiten reicht aus, die Kapazitätslücke allein zu schließen. Welche Kombination der Möglichkeiten zum Zuge kommt, hängt in besonderem Maße von der Wirtschaftlichkeit ab. Es ist zu prüfen, ob mit den heute bestehenden Netzkopplungen ein nennenswerter Stromimport, der in Höhe der Versorgungslücke liegt, überhaupt technisch realisierbar ist. Zudem ist zu berücksichtigen, dass auch in den umliegenden EU-Staaten ab dem Jahr 2010 ein erheblicher Kapazitätsbedarf besteht, der zu einem großen Teil mit dem Ersatz veralteter Anlagen zu begründen ist. Nach Schätzungen der RWE Plus /RWE 2002 wird der EU-weite Zubaubedarf im Jahre 2020 etwa ein Drittel des heutigen Bestandes betragen (Bild 4). Im Jahr 2030 werden gemäß den Schätzungen nur noch knapp 50 % des heutigen EU-Kraftwerksbestandes vorhanden sein. Dies bedeutet, dass sowohl in Deutschland als auch in den anderen EU-Ländern ein erheblicher Ersatzbedarf besteht, der zeitgleich verlaufen wird. Im Zuge eines liberalisierten Strommarktes und einer weiteren Harmonisierung der EU-weiten Regelungen ist zu erwarten, dass auch die Anforderungen an die Umwelt- und Sicherheitseigenschaften der Kraftwerke in den unterschiedlichen Ländern einander angeglichen werden. Längerfristig gesehen dürften daher keine großen Unterschiede zwischen den Stromerzeugungskosten in den einzelnen EU-Länder bestehen. Folglich wird der Stromaustausch zwischen den Ländern eher moderat ausfallen. Insofern bleibt der Bau von Stromerzeugungsanlagen im Inland eine plausible und wahrscheinliche Lösung. In welcher Form er erfolgen wird, hängt maßgeblich von den gesetzten energiepolitischen Rahmenbedingungen ab.

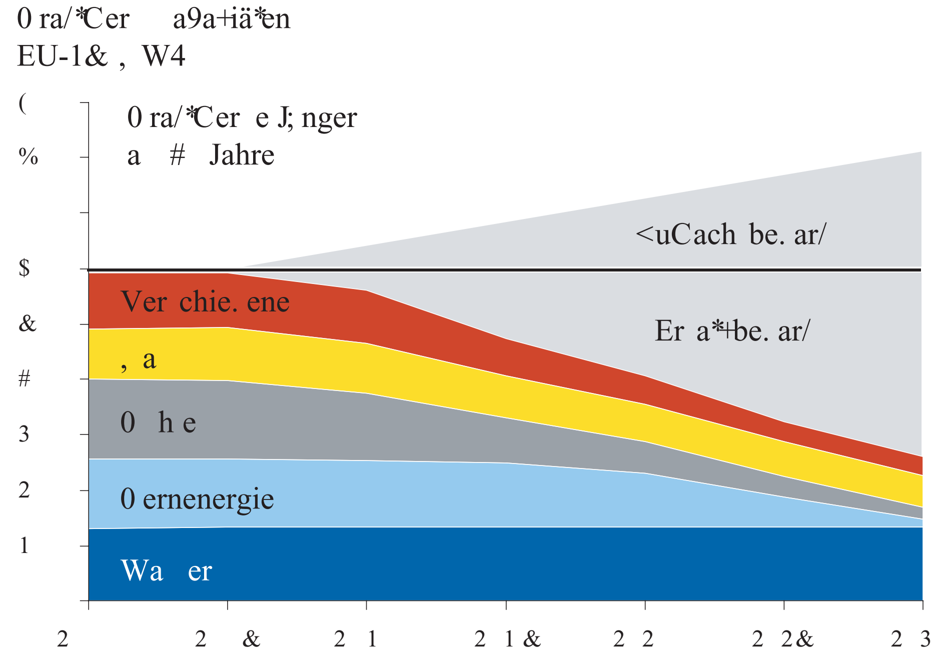
So wird eine Kraftwerksplanung unter der Bedingung, die CO_2-Emissionen bis zum Jahre 2050 um bis zu 80 % reduzieren zu wollen, deutlich anders aussehen als eine Strategie ohne oder mit weniger ambitionierten Klimaschutzzielen. Weiterhin ist von fundamentaler Bedeutung, ob Deutschland eine Klimapolitik im nationalen Alleingang oder im Rahmen einer internationalen, zumindest EU-weiten Abstimmung verfolgt.

4.1.2.1 Technische Effizienzverbesserung sowie Konzepte von Stromerzeugungsanlagen

Allgemein wird davon ausgegangen, dass heute in Bau befindliche Steinkohlekraftwerke einen Wirkungsgrad von etwa 46 % aufweisen. Große Potenziale werden bei

Bild 4

Kapazitätsbedarf in Europa



Quelle: RWE 2002

der Entwicklung von Steinkohlekraftwerken mit höchsten Dampfzuständen erwartet, deren rechnerische Wirkungsgrade mit über 50 % angegeben werden. Mit der Verfügbarkeit solcher Technologien wird nach dem Jahr 2010 gerechnet. Als weitere Kohletechnologie ist die integrierte Vergasung zu nennen, deren heutige als machbar eingestuften Wirkungsgrade mit etwa 45 % sowie längerfristig mit 54,5 % angegeben werden. Als längerfristige Optionen (Verfügbarkeit ab 2015 bis 2020) sind die Druckwirbelschichtfeuerung der 2. Generation sowie die Druckkohlenstaubfeuerung einzustufen, deren Wirkungsgradpotenziale mit etwa 55 % (bei verbesserten Gasturbinen sogar 60 %) angegeben werden.

Für das in Bau befindliche BoA-Braunkohlekraftwerk Niederaußem weisen die Planungen einen Wirkungsgrad von 44,5 % aus. Es wird davon ausgegangen, dass mittelfristig durch eine vorgeschaltete Braunkohletrocknung (BoA-Plus-Konzept) Wirkungsgrade von etwa 50 % erreichen werden können.

Für GuD-Kraftwerke werden heute bereits Wirkungsgrade von 57,5 % angegeben. Bei einer kontinuierlichen Effizienzsteigerung von Gasturbinen kann längerfristig von Wirkungsgraden von über 60 % ausgegangen werden. Allerdings hängt der mögliche Einsatz derartiger zukunftsweisender Kraftwerke nicht zuletzt von einer deutlich zu forcierenden Forschungsaktivität sowie dem Bau notwendiger Demonstrationsanlagen ab.

Ziele, die von einer massiven CO_2-Emissionsreduktion um 80 % bis zum Jahr 2050 ausgehen, dürften auch mit derartigen im Vergleich zum heutigen Technikstandard höchsteffizienten Techniken nicht zu realisieren sein. In diesem Zusammenhang ist auch auf die CO_2-Sequestrierung hinzuweisen, die bei der Einhaltung drastischer Reduktionsziele durchaus eine Rolle spielen könnte. Für die Abtrennung von CO_2 in Kraftwerksprozessen liegen eine Reihe von Konzepten, Studien und in Einzelfällen sogar Betriebserfahrungen aus ersten Test- und Demonstrationsanlagen vor.[27] Einige Verfahren werden bereits im großtechnischen Maßstab in der chemischen Industrie eingesetzt. Allen Verfahren ist gemeinsam, dass sie mit einem hohen Energieaufwand verbunden sind. Dies führt zu Einbußen beim Wirkungsgrad, die abhängig vom jeweiligen Verfahren, in einer Bandbreite von 3 bis 18 Prozentpunkten liegen.[28] Ungeachtet der mit der CO_2-Deponierung verbundenen Probleme stellt sie – längerfristig gesehen – eine Chance dar, fossile Energieträger auch im Rahmen eines Klimaschutzregimes weiter zu nutzen.

4.1.2.2 Kraft-Wärme-Kopplung

Ausgehend vom Einsatz identischer Energieträger kann die gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme gegenüber der getrennten Erzeugung unter bestimmten Randbedingungen einen energetischen Vorteil aufweisen.

Durch das kürzlich verabschiedete KWK-Gesetzes und die damit verbundenen Modernisierungen werden bis zum Jahr 2010 Minderungsbeiträge in der Größenordnung von jährlich 10 Mio. Tonnen CO_2 erwartet. Der Großteil dieser Minderung ist jedoch auf einen von der KWK unabhängig zu sehenden Brennstoffwechsel (Erdgas statt Kohle) zurückzuführen, der mit der Modernisierung einhergeht. Die CO_2-Einsparung, die durch den eigentlichen KWK-Spareffekt erzielt werden soll, ist dagegen nur gering. Das eigentliche Ziel des KWK-Gesetzes ist es, die in den letzten Jahrzehnten mit Hilfe hoher Subventionen (ZIP-Programme) aufgebauten und durch die Folgen der Energiemarktliberalisierung gefährdeten Versorgungsstrukturen zu erhalten. Die Kosten des KWK-Gesetzes, die hauptsächlich von den Tarifkunden getragen werden, belaufen sich

Tabelle 1

Heutige und erwartete Wirkungsgrade fossiler Stromerzeugungstechniken

Kraftwerkstyp	Heutiger Stand (Beste Technologie)	Mögliche Wirkungsgrade bis zum Jahr 2030
Konventionelles Steinkohlekraftwerk	46 %	ca. 52 %
Braunkohlekraftwerk	44,5 %	ca. 50 %
GuD-Technik	57,5 %	ca. 63 %
Integrierte Kohlevergasung ohne CO_2-Abscheidung	ca. 45 %	ca. 54,5 %
Integrierte Kohlevergasung mit CO_2-Abscheidung	–	ca. 49 %

[27] Göttlicher, 1999.

[28] Hein/ Fischer, 2002.

auf insgesamt ca. 5 Mrd. Euro (inkl. MwSt.) über einen Zeitraum von ca. 10 Jahren.

Die im Vorfeld der KWK-Gesetzgebung erfolgte Diskussion beschränkt sich im wesentlichen auf die Zunahme der KWK-Stromerzeugung bei konstanter Wärmenachfrage. Ein massiver Ausbau der Kraftwärmekopplung, wie er häufig gefordert wird, muss jedoch auch die Wärmenachfrage in den Blick nehmen. Eine belastbare, umfassende sowie aktuelle Angabe zu räumlich aufgelösten Fern- und Nahwärmepotenzialen in Abhängigkeit wichtiger Randparameter (z. B. Energiepreise, Gebiete mit Gasversorgung etc.) existiert derzeit nicht.

Für die zukünftige Entwicklung der Nah- und Fernwärme ist allerdings darauf hinzuweisen, dass derzeit etwa 70 % aller Neubauten mit erdgasbefeuerten Heizungssystemen ausgerüstet wurden, die dementsprechende Versorgungsstrukturen benötigen. Derart ausgestaltete Gebiete stehen zumindest auf mittelfristige Sicht für eine Nahwärmeversorgung nicht mehr zur Verfügung. Weiterhin muss beachtet werden, dass durch die Verschärfung der Wärmeschutzgesetzgebung das Potenzial einer Fern- bzw. Nahwärmeversorgung deutlich vermindert wird. Ob und inwieweit ein Potenzial zur Nah- und Fernwärmeversorgung noch besteht, ist fallspezifisch unter Berücksichtigung der individuellen Charakteristika des jeweiligen Versorgungsfalles zu analysieren. Potenziale dürften eher im Bereich der Objektversorgung bestehen. In diesem Zusammenhang ist auch auf die Nutzung von Nah- und Fernwärme zur Kälteerzeugung hinzuweisen.

4.1.2.3 Brennstoffzelle

Zu den technischen Neuentwicklungen zählen insbesondere Brennstoffzellensysteme, die als Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen zur direkten Objektversorgung im Haushaltsbereich und Kleingewerbe eingesetzt und auch in das öffentliche Netz eingebunden werden sollen. Zu den besonderen Merkmalen der Brennstoffzellen gehören ihre im Vergleich mit anderen Techniken sehr guten elektrischen Wirkungsgrade, die in der Regel sonst nur von mehreren hundert MW großen, zentralen Stromerzeugungsanlagen auf der Grundlage modernster GuD-Technik erreicht werden. Da Erdgas bis zur Einführung einer Wasserstoffwirtschaft aus heutiger Sicht vermutlich der am besten geeignete Brennstoff für stationär eingesetzte Niedertemperatur- (PEFC) wie auch Hochtemperaturbrennstoffzellen (SOFC) sein wird, werden diese Techniken auf ein Erdgasnetz angewiesen sein, dass bereits heute besteht.

Nach den Analysen von Pehnt und Nitsch[29] ergeben sich unter „günstigen energiepolitischen Rahmenbedingungen“ mögliche Entwicklungen bei dem Einsatz von Brennstoffzellen in Deutschland von etwa 2 400 MW_{el} Kapazität bis zum Jahr 2020. Hersteller und Energieversorger (RWE AG) erwarten , dass in den nächsten 15 Jahren etwa 20 bis 70 % der neuen und zu erneuernden Hausenergieversorgungsanlagen als Brennstoffzellensysteme ausgeführt werden und zur Stromerzeugung einen Beitrag von 3 bis 15 TWh_{el} pro Jahr leisten können. Neben den politischen Rahmensetzungen ist die Senkung der Investitionskosten entscheidende Voraussetzung für die Marktentwicklung. Nach Angaben der Siemens AG kostet das Kilowatt elektrische Leistung heutiger SOFC-Demonstrationsanlagen etwa 20 000 €; konkurrenzfähig wären jedoch Kosten von ca. 1 500 €.

Langfristig besteht die Idee, viele dezentrale Stromerzeugungseinheiten (z. B. Brennstoffzellensysteme) durch ein intelligentes Informations- und Kommunikationsmanagement zu einem Verbund zusammenzuschalten, das oftmals auch als virtuelles Kraftwerk bezeichnet wird. Ein solcher Verbund bietet die Möglichkeit, unter Einbindung von Verbrauchern und Erzeugern möglichst verbrauchsorientiert Strom zu erzeugen.

4.1.2.4 Erneuerbare Energien

Als treibende Kräfte für forcierte Markteinführung erneuerbarer Energien sind im wesentlichen das frühere Stromeinspeisegesetz, das heute geltende Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) sowie die Möglichkeit steuerlicher Abschreibungen anzuführen. Nach Schätzungen[30] werden alleine die EEG-Subventionen im Jahr 2002 ca. 1,4 Mrd. € betragen, die zwar für den Bundeshaushalt aufkommensneutral sind, jedoch direkt auf die Stromkunden umgelegt werden. Es ist sowohl erklärtes Ziel der EU als auch der derzeitigen Bundesregierung, den Einsatz erneuerbarer Energien zu erhöhen. So hat bereits die EU-Kommission 1997 in dem Weisbuch „Erneuerbare Energien“ vorgeschlagen, den Anteil der erneuerbaren Energieträger am Primärenergieverbrauch von gegenwärtig ca. 6 auf 12 % bis zum Jahr 2010 zu verdoppeln. Dieses Ziel wurde in der am 27. Oktober 2001 in Kraft getretenen EU-Richtlinie zur Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen bekräftigt und für den Strombereich konkretisiert. Die Bundesregierung trägt diesen Vorstellungen Rechnung, indem sie unter anderem eine Verdopplung des Anteil erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung bis zum Jahr 2010 zum Ziel erklärt hat. Im Sinne eines möglichst effizienten Kapitaleinsatzes sollte jedoch auch thematisiert werden, ob es nicht sinnvoller ist, kostengünstigere Potenziale in anderen EU-Ländern auszuschöpfen und Ziele im Sinne eines effizienteren Burden-sharing vorzugeben.

Das theoretische Potenzial für die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien wird in den Basisdaten für die Szenarienerstellung mit ca. 569 bis 837 TWh pro Jahr angegeben, was in etwa 103 bis 151 % der heutigen bundesdeutschen Bruttostromerzeugung entspricht. Das technische Potenzial wird von Kaltschmitt[31] mit ca. 265 bis 335 TWh pro Jahr angegeben. Der derzeitige Anteil liegt bei etwa 7 %. Bedingt durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz sind derzeit die stärksten Zuwächse beim Ausbau der Windenergie

[29] Pehnt/ Nitsch, Einsatzfelder und Marktchancen von Brennstoffzellen in der industriellen und öffentlichen Kraft-Wärme-Kopplung.

[30] Kaltschmitt/ Merten/ Falkenberg, 2002.

[31] Siehe Fn. 30.

zu nennen. Die heute installierte Windkraftleistung in Deutschland beträgt etwa 9,2 GW.

Mit Ausnahme der Nutzung von Wasserkraft werden die Potenziale nur zu geringen Anteilen ausgeschöpft. Dies ist im wesentlichen darauf zurückzuführen, dass die meisten Möglichkeiten unter den heutigen Rahmenbedingungen nicht wirtschaftlich sind. Langfristig werden von Kaltschmitt[32] die größten Potenziale der Stromerzeugung auf der Basis erneuerbarer Energien in der Nutzung biogener Festbrennstoffe, der Offshore-Windkraftnutzung sowie der Geothermie (Hot-Dry-Rock mit ORC Prozessen) gesehen.

4.1.2.5 Kernenergie

Am 27. April 2002 trat das Gesetz „Zur geordneten Beendigung der Kernenergienutzung zur gewerblichen Erzeugung von Elektrizität“ in Kraft. Für jedes einzelne Kraftwerk legt das Gesetz eine maximale Reststrommenge fest, die sich an einer Laufzeit von etwa 32 Kalenderjahren orientiert. Weiterhin wird die Entsorgung auf die direkte Endlagerung beschränkt; die Abgabe abgebrannter Brennelemente an Wiederaufbereitungsanlagen ist ab dem Jahr 2005 verboten. Die Betreiber werden darüber hinaus verpflichtet, an den jeweiligen Standorten weitere Zwischenlager zu errichten. Unter Berücksichtigung dieser Gesetzeslage ist ein Bau neuer Kernkraftwerke in Deutschland derzeit nicht möglich. Ungeachtet dessen ist auf die Entwicklung fortschrittlicher Reaktoren hinzuweisen, die sich gegenüber heutigen Techniken durch eine verbesserte Anlagensicherheit und ein niedrigeres Störfallrisiko, durch eine Erhöhung des Abbrandes radioaktiver Einsatzstoffe und durch verminderte Investitionskosten auszeichnen. Hier ist insbesondere auf den von Siemens-Framatome konzipierten European Pressurized Reactor (EPR) hinzuweisen, der die von der deutschen Reaktorsicherheitskommission festgelegten sicherheitstechnischen Richtlinien erfüllen soll. Kostensenkungspotenziale werden insbesondere durch den Bau von Doppelblockanlagen sowie durch Standardisierungseffekte gesehen. Andere zukunftsweisende Kernkraftwerkskonzepte, deren Einsatz im europäischen Raum diskutiert werden, sind der AP1000 (Westinghouse, DWR 1000 MW), BWR90+(Westinghouse, SWR 1500 MW), EABWR (General Electric, SWR 1400 MW) sowie der WWER 91/99 (Atomstroyexport, DWR 1000 MW). Als Beispiel für ein weiteres zukunftweisendes Kraftwerkskonzept ist auf den HTR hinzuweisen, der sich insbesondere gegenüber anderen Konzepten durch sein inhärentes Sicherheitskonzept sowie kleinere Leistungseinheiten auszeichnet.

4.1.3 Transport und Verteilung von Strom

Zur Bereitstellung von Strom existiert in der Bundesrepublik Deutschland ein hierarchisch aufgebautes Leitungsnetz, das in den letzten Jahrzehnten mit erheblichen Investitionen aufgebaut wurde und sich durch ein hohes Maß an Versorgungssicherheit auszeichnet. Darüber hinaus ist das deutsche Transportnetz in das internationale Verbundnetz der UCTE eingebunden. Etwa 50 % aller jährlich getätigten Investitionen der deutschen Stromversorgung entfallen auf Transport- und Verteilungsanlagen. Eine große Herausforderung für alle agierenden Akteure wird zukünftig darin bestehen, auch unter den Bedingungen der Strommarktliberalisierung ein ausreichend hohes Maß an Versorgungssicherheit und -qualität zu gewährleisten.

Als Ergebnis einer verstärkten Förderung von regenerativ erzeugtem Strom wächst die Anzahl regenerativer Stromerzeugungseinheiten. Eine weitere Forcierung führt zu einer Verlagerung installierter Erzeugungsleistung in die Verteilungsnetzebenen. Übersteigt dabei der Zubau dezentraler Erzeugung die lokalen Lastanforderungen erheblich, z. B. bei starker Konzentration neuer Erzeugungsanlagen, können in den Verteilungsnetzen Kapazitätsengpässe und demzufolge Ausbauerfordernisse entstehen, deren Kosten dann zusätzlich zu berücksichtigen sind.[33]

Im Zusammenhang mit einer systematischen und umfassenden Nutzung erneuerbarer Energien werden weitergehende Ansätze wie ein Stromtransport über weite Distanzen diskutiert, um erneuerbare Energiequellen in geographisch günstiger gelegenen Regionen (z. B. Solarstrom aus Nordafrika) für Industrieländer wie Deutschland zu erschließen. Allerdings erfordert dies geeignete HGÜ-Leitungen (Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung), deren Bau mit erheblichen Kosten verbunden ist. Darüber hinaus ist zu sehen, dass aufgrund veränderter Auslastung heutiger Übertragungsnetzstränge auch eine kostspielige Änderung des deutschen Übertragungsnetzes notwendig wäre.

4.2 Wärmedienstleistungen im Gebäudesektor

4.2.1. Die Bedeutung des Gebäudesektors für den Klimaschutz

Bedeutung und Dimension des Wärmemarktes für den Gebäudebereich werden in Tabelle 2 veranschaulicht. Danach beläuft sich der Anteil des Endenergieverbrauchs für Raumwärme und Warmwasser 1995 in den Sektoren Haushalte und Kleinverbraucher auf 3 326 PJ. Bezogen auf den gesamten Endenergieverbrauch in Deutschland entspricht das einem Anteil von 35,5 %. Mehr als ein Drittel der deutschen Endenergie gehen in den Gebäudebereich, der damit der größte Verbrauchssektor ist. Hier wird weitaus mehr Endenergie verbraucht als im Verkehr oder in der Industrie. Damit ist klar, dass diesem Sektor auch bei den Klimaschutzbemühungen eine erhöhte Aufmerksamkeit zu widmen ist.

Es ist aber nicht nur die große Energiemenge, die diesen Sektor für den Klimaschutz so wichtig und interessant macht. Gleichzeitig bestehen sehr hohe Einsparpotenziale. Insbesondere kommt der energetischen Sanierung der älteren Gebäude eine Schlüsselrolle zu.

Deutschland verfügte 2002 über rund 4 Mrd. m² an Gebäudeflächen. Davon entfallen 3 Mrd. m² auf Wohngebäude mit insgesamt 37 Mio. Wohnungen. Der Rest von knapp 1 Mrd. m² sind gewerblich genutzt Nichtwohngebäude.

---

[32] Ssiehe Fn. 30.

[33] Fleischer/ Grünwald/ Oertel/ Paschen, 2000.

Tabelle 2

Gesamter Endenergieverbrauch und Raumwärmeanteil

	Gesamter Verbrauch		Raumwärmeanteil	
	PJ	%	PJ	%
Privathaushalte	2 689	28,7		
davon Raumwärme			2 375	25,3
Kleinverbraucher	1 603	17,1		
davon Raumwärme			951	10,1
Industrie	2 474	26,4	148	1,6
Verkehr	2 614	27,9	0	0
Summe	9 380	100,0	3 326	37,1

Quelle: PROGNOS 1999

Alle Gebäude, die vor Einführung der zweiten Wärmeschutzverordnung 1984 gebaut wurden, entsprechen bei weitem nicht mehr den heutigen Anforderungen und sind energetisch sanierungsbedürftig, sofern sie nicht schon modernisiert wurden. Tatsächlich sind rund 75 % der heute vorhandenen Gebäude vor 1985 gebaut worden. Dies zeigt das große Energie- und CO_2-Einsparpotenzial des Gebäudebereichs.

Bezogen auf den heutigen Bestand wird das realistische CO_2-Einsparpotenzial im Altbaubereich durch Heizungserneuerung und verbesserte Wärmedämmung auf 50 bis 70 Mio. Tonnen CO_2 geschätzt. Im Vergleich zum Gesamtausstoß des Haushaltssektors im Jahre 1990 entspricht das einem Minderungspotenzial von 40 bis 55 %. Bei der Schätzung des gesamten zukünftigen Potenzials sind aber noch die Mehremissionen durch Neubauten mit zu berücksichtigen.

Neubauaktivitäten, die aufgrund des steigenden Wohnflächenbedarfs notwendig sind, führen grundsätzlich zu einer Erhöhung der CO_2-Emission, sofern es sich nicht um Nullenergiehäuser handelt oder sofern nicht entsprechende Altbauten mit höherem Verbrauch abgerissen werden. Beides ist aber in der Praxis nicht der Fall. Durch Neubauten kommt eine zusätzlich zu beheizende Gebäudefläche dazu, die vorher nicht vorhanden war. Der entstehende zusätzliche Bedarf an Heizenergie in Neubauten muss durch verstärkte Reduktionsmaßnahmen im Bestand kompensiert werden, andernfalls wird die gewünschte CO_2-Minderung nicht erreicht.

4.2.2. Warum Altbausanierung wichtig ist

4.2.2.1 Sanierung schafft bessere Lebensräume für morgen

Die Sanierung von bestehenden Gebäuden trägt eher mit dazu bei, vorhandene ökologische, soziale und sonstige Strukturen und Abläufe in einem Stadtgebiet zu erhalten als Abriss und Neubau. Außerdem wird das kulturelle Erbe durch die Sanierung gepflegt und erhalten. Die Gebäude werden durch eine Renovierung ästhetisch aufgewertet und technisch weitgehend auf den aktuellen Stand gebracht. Die Wohnqualität wird erheblich verbessert. Der Nutzer genießt eine höhere thermische Behaglichkeit durch die bessere Wärmedämmung, hat meist verbesserte Lichtverhältnisse und weniger Feuchtigkeits- und Schimmelprobleme. Durch die Sanierung wird aber auch nach außen ein positives Wohnumfeld geschaffen. Alles zusammen führt zu einer höheren Wohnzufriedenheit und schafft Lebensräume für morgen. So wird ein wesentlicher Beitrag zu einer nachhaltigen Stadtentwicklung geleistet.

4.2.2.2 Sanierung erhält die Bausubstanz und schont Ressourcen

Wohngebäude haben in Deutschland eine Lebensdauer von 150 bis 200 Jahren mit einem Renovierungszyklus von 30 bis 60 Jahren (Mittelwert 50 Jahre). Innerhalb eines solchen Renovierungszykluses werden alle Gebäudeteile (Dach, Außenwände, Fenster) mindestens einmal renoviert oder ganz erneuert. Der Restwert eines Gebäudes ist in der Regel auch nach mehreren Renovierungszyklen noch so hoch, dass eine Renovierung immer noch wirtschaftlich günstiger ist als ein Abriss mit anschließendem Neubau. Aber auch ökologisch ist die Erhaltung bestehender Gebäude die sinnvollste Maßnahme, weil sie den sparsamsten Umgang mit den Ressourcen darstellt.

Bis 2050 werden noch rund 75 % der heutigen Bausubstanz existieren[34]. Altbausanierung ist ein Thema, das uns noch sehr lange und sehr intensiv beschäftigen wird.

4.2.2.3 Sanierung spart Energie und Geld

Durch eine energetische Sanierung entsprechend dem derzeitigen Stand der Technik und der Verordnungen können

[34] Kleemann et al, 2000.

an alten Gebäuden, je nach Baualter, Zustand und Gebäudetyp, mit einer Vollsanierung von Gebäudehülle und Heizungsanlage Energieeinsparungen von 50 bis 75 % erreicht werden. Damit wird insbesondere der Einsatz fossiler Energieträger wie Erdgas und Heizöl reduziert und ein Beitrag zur Ressourcenschonung, zur Umweltentlastung und zur Verringerung der Energieimporte geleistet.

Die Güter und Dienstleistungen, die bei der Sanierung eingesetzt werden, entstehen fast ausschließlich im Inland. Volkswirtschaftlich leistet die Altbausanierung damit einen Beitrag zur Erhöhung des Bruttoinlandproduktes.

In vielen Fällen kommt die energetische Altbausanierung entgegen der landläufigen Meinung dann in den Bereich der Wirtschaftlichkeit, wenn sie zusammen mit der ohnehin anstehenden baulichen Instandsetzung durchgeführt wird. Für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der energetischen Modernisierung ist dann nur die Differenz zwischen den Gesamtkosten und den ohnehin fälligen Ausgaben anzusetzen.

Wesentlich für den Gebäudebesitzer ist die Wertsteigerung der Immobilie durch die Sanierung.

4.2.2.4 Sanierung mindert die Emission von Luftverunreinigungen und CO_2

Die Verringerung des Energieverbrauchs in sanierten Gebäuden wirkt sich unmittelbar in einer geringeren Emission von Luftverunreinigungen wie Stickoxiden, Kohlenwasserstoffen und Schwefeldioxid aus. Damit wird ein direkter Beitrag zur Verbesserung der Umgebungsluftqualität geleistet, die Ozonvorläufersubstanzen Kohlenwasserstoffe und Stickoxide werden gemindert und die Möglichkeit der Bildung von saurem Regen aus Schwefeldioxid und Stickoxid wird verringert.

Für den Klimaschutz ist jedoch wesentlich, dass mit jeder Einheit nicht verbrannter fossiler Energie CO_2 eingespart wird. Die Altbausanierung kann einen wirksamen Beitrag zum Klimaschutz liefern. Wie oben ausgeführt betragen die langfristigen Potenziale für den gesamten Gebäudebestand rund 50 bis 70 Mio. Tonnen CO_2.

4.2.2.5 Sanierung schafft Arbeitsplätze

Insgesamt ist die Bauwirtschaft geprägt durch einen hohen Anteil von Klein- und Mittelbetrieben. So beträgt z. B. der Anteil des Umsatzes im Bauhauptgewerbe, der in Betrieben unter 100 Beschäftigten erwirtschaftet wird, ca. 74 %. Die von dieser Betriebsgrößengruppe geleisteten Arbeitsstunden belaufen sich auf ca. 84 %. Die energetische Sanierung und Modernisierung im Gebäudebereich erfolgt durch einen hohen Anteil von Klein- und Mittelbetrieben. Ein umfassende, verstärkte Sanierungsaktivität würde gerade dieser Gruppe zugute kommen.

Der Bereich der Gebäudesanierung ist im Vergleich zu anderen Wirtschaftssektoren sehr arbeitsplatzintensiv. Hier wird pro Einheit Bruttoproduktion wesentlich mehr Arbeitsleistung benötigt als z. B. in der Industrie (vgl. Tabelle 3). Es sind insbesondere die Sektoren Hoch- und Tiefbau (Nr. 41), Ausbauleistungen (Nr. 42) sowie Handel und Dienstleistungen (Nr. 43 und 44) an den Sanierungsaktivitäten beteiligt. Diese Sektoren haben im Vergleich zu den Energie- und Grundstoffsektoren in Tabelle 3 eine um ein Vielfaches höhere Arbeitsplatzintensität. Investitionen in die Gebäudesanierung führen also zu besonders vielen Arbeitsplätzen und sind deshalb geeignet, einen wirksamen Beitrag zur Lösung der Probleme in der Bauwirtschaft zu leisten.

Würden bei Zugrundelegung eines 50-jährigen Renovierungszyklusses pro Jahr im Mittel rund 2 % des Gebäudebestandes saniert, dann entspräche dies einer sanierten Wohnungsmenge von knapp 800 000. Bei einer baulichen und energetischen Vollsanierung würden bei diesem Volumen dauerhaft rund 240 000 Arbeitsplätze geschaffen bzw. erhalten.

Tabelle 3

Arbeitsplatzintensitäten ausgesuchter Wirtschaftssektoren

Nr.	Sektor	Personenjahre pro Mio. EUR
3	Elektrizität	5
4	Gas	2,8
6	Kohle	15
10	Mineralöl	0,8
13	Steine, Erden Baustoffe	7
16	Stahl u. Eisen	4,6
41	Hoch- Tiefbau	13,4
42	Ausbauleistungen	11
43	Dienstl. Großhandel	14,8
44	Dienstl. Einzelhandel	23,4
48	Dienstl. Verkehr	11,8

Quelle: Input/Output Tabelle des Statistischen Bundesamtes (1995)

4.2.3. Bisherige Klimaschutzbemühungen unzureichend

Auf die Entwicklung des zukünftigen Wärmebedarfs im Gebäudebereich wirken verschiedene gegenläufige Trends, die teils eine Verringerung des Energiebedarfs hervorrufen und teils eine verstärkte Energienachfrage verursachen.

So wird häufig erwartet, dass der Energiebedarf zur Wärmeversorgung von Gebäuden im Zuge der Einführung der Energieeinsparverordnung (EnEV), einer zunehmenden Verbreitung der Niedrigenergie- und Passivhausbauweise

sowie insbesondere der zu erwartenden Altbausanierung sinken wird. Darüber hinaus wird davon ausgegangen, dass im Falle einer stringenteren Klimaschutzpolitik langfristig mit einer weiteren Verschärfung der Wärmeschutzstandards, einer wirksameren Vollzugskontrolle bei der Altbausanierung und einer verstärkten Nutzung regenerativer Energiequellen zu rechnen ist. Dies kann den Bedarf der fossilen Energieträger und damit die CO_2-Emission im Gebäudebereich zusätzlich verringern.

Auf der anderen Seite weisen Praktiker immer wieder darauf hin, dass durch Neubauten zusätzlich zu beheizende Wohnflächen entstehen. Neubauten, auch wenn sie entsprechend den geltenden Verordnungen gedämmt sind, verursachen immer einen zusätzlichen Anstieg der Energienachfrage. Die neue Nachfrage wird in der Regel nicht durch einen entsprechenden Gebäudeabriss kompensiert. Belegt wird diese Entwicklung durch das seit Jahren leichte Ansteigen des Energieverbrauchs der Haushalte in der deutschen Energiebilanz. Außerdem zeigt sich in der Praxis immer wieder, dass durch eine unzureichende energetische Sanierung im Altbaubereich und einen unzureichenden Vollzug der Wärmeschutzverordnung Einsparpotenziale verschenkt werden. Die Nachfrage sinkt dadurch weniger stark als erwartet.

Welcher der nachfragebremsenden oder nachfragebeschleunigenden Trends am wirksamsten ist, hängt u. a. stark von der politischen Weichenstellung ab.

Bild 5 zeigt, dass die Bemühungen zur Reduktion des CO_2-Ausstoßes im Haushaltssektor, gemessen an dem ehrgeizigen Reduktionszielen, bisher nicht sonderlich erfolgreich waren. Von 1990 bis 1997/1998 ist keine Reduktion, sondern ein mehr oder weniger stetig ansteigender Trend des CO_2-Ausstoßes zu erkennen. Erst ab 1997 setzt offensichtlich eine Trendwende ein. Die Emission nimmt bis 2000 deutlich ab. Allerdings hat sich dieser abnehmende Trend offensichtlich noch nicht stabilisiert, da 2001 die Emission voraussichtlich wieder ansteigt, wobei sie leicht unter dem Wert von 1990 bleibt. Da die Zahl für 2001 noch vorläufig ist, wird eine abschließende Beurteilung des Trends erst möglich sein, wenn der endgültige Wert für 2001 vorliegt. Außerdem ist zu berücksichtigen, dass die Werte nicht temperaturbereinigt sind. Dies würde aber an der grundsätzlichen Aussage, dass die Emission im Haushaltssektor in den letzten 10 Jahren praktisch konstant geblieben ist, nichts ändern.

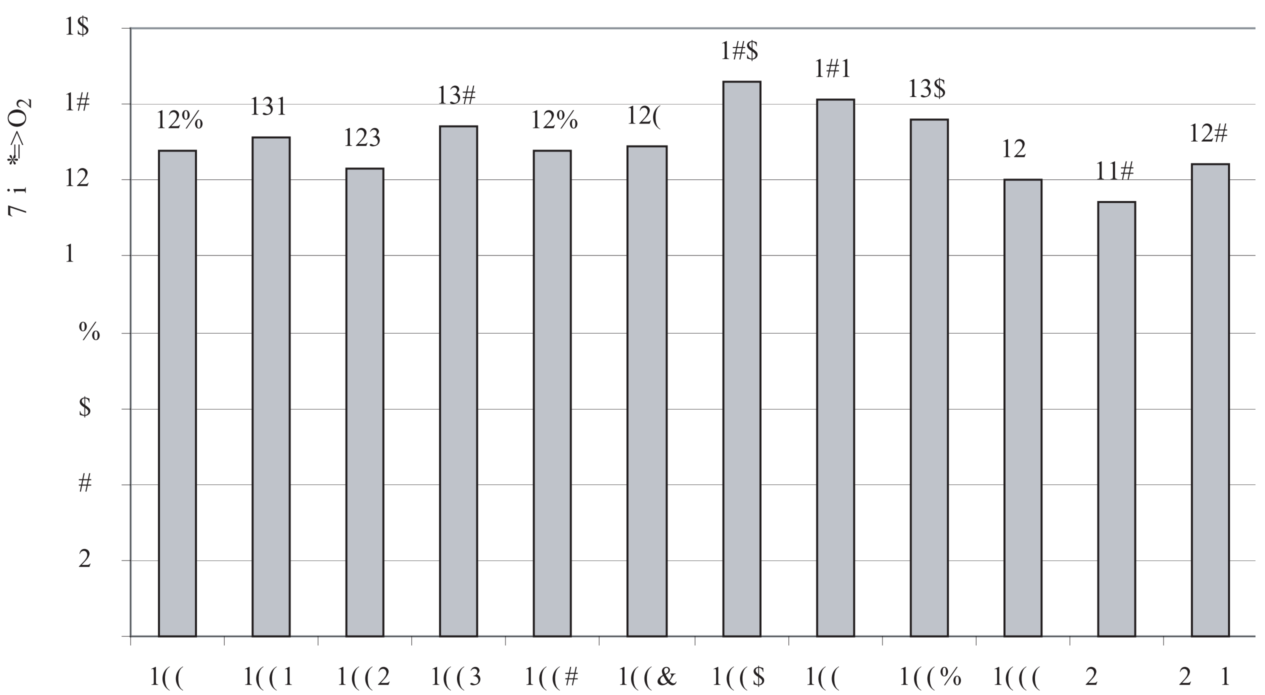
Es ist zu befürchten, dass die Minderungsziele nicht erreicht werden, wenn es nicht gelingt, die Trendumkehr bei den Emissionen des Haushaltssektors zu konsolidieren und durch verstärkte politische Maßnahmen zu beschleunigen.

Im wesentlichen sind folgende Ursachen für diese zögerliche Entwicklung der CO_2-Minderung im Gebäudebereich verantwortlich:

– Die nicht unerhebliche Anzahl von Neubauten im Zeitraum von 1990 bis 2001 hat zu Mehremissionen geführt.

Bild 5

Entwicklung der unbereinigten CO_2-Emission des Haushaltssektors von 1990 bis 2001



Quelle: BMWi 2000, Schiffer H.-S. 2002, Ziesing H.-J. 2001

Dieser zusätzliche Wohnflächenbedarf, der sich auf rund 5 % des Bestandes von 1990 beläuft, hat verschiedene demographische, wirtschaftliche und soziale Gründe.

– Die energetische Sanierung im Altbaubereich ist nicht im erwarteten Umfang erfolgt. Die Hauptgründe hierfür sind:

  – Es fehlt an einer wirksamen Vollzugskontrolle. Viele Sanierungen werden nicht entsprechend den Wärmeschutzvorschriften ausgeführt. So wird bei Fassadenerneuerungen statt einer ausreichenden Wärmedämmung nur der Verputz oder die Farbe erneuert.

  – Es fehlt an umfassenden, wirtschaftlich attraktiven Anreizprogramm. Die laufenden Programme reichen offensichtlich nicht aus. Aufgrund der zum Teil noch unzureichenden Wirtschaftlichkeit werden Sanierungsmaßnahmen entweder gar nicht oder in unzureichendem Maße durchgeführt.

Angesichts der wenig erfolgreichen Entwicklung in der Vergangenheit stellt sich die Frage nach den zukünftigen Aussichten des Klimaschutzes im Gebäudebereich.

4.2.4. Einschätzung der langfristigen Entwicklung des Wärmemarktes im Gebäudebereich

Die folgenden Ausführungen sind als sektorale Ergänzungen und Detaillierungen zu den Szenarioanalysen in Kapitel 5 zu verstehen. Die mit dem hoch aggregierten LP-Modell untersuchten gesamtenergiewirtschaftlichen Szenarien können die Verhältnisse im Gebäudebereich und insbesondere die Sanierungsprozesse nicht fein genug und deshalb nicht realitätsnah genug abbilden. Aus diesem Grund wurden die folgenden Analysen mit einem detaillierten dynamischen Raumwärme-Simulationsmodell durchgeführt[35]. Das Modell enthält alle relevanten Gebäude- und Heizungstypen und kann ein breites Spektrum von unterschiedlichen Sanierungsmaßnahmen berücksichtigen. Insbesondere das Verhalten der Gebäudeeigentümer im Hinblick auf den Vollzug der Verordnungen kann abgebildet werden.

In den folgenden Kapiteln wird anhand von Fallanalysen dargestellt, wie sich die Wärmenachfrage im Gebäudebereich langfristig entwickeln kann. Ziel ist es, damit eine genauere Entscheidungsgrundlage für eine bessere Gestaltung der zukünftigen Klimaschutzpolitik im Gebäudebereich bereit zu stellen.

4.2.4.1 Randbedingungen für die Fallanalysen

Um den Spielraum für die zukünftige Entwicklung des Energieverbrauchs im Gebäudebereich zu erfassen, werden zwei Fälle untersucht, die sich weitgehend an die Szenarien der Enquete Kommission anlehnen, abgesehen von kleineren Abweichungen.

[35] Kleemann M. et al., 2000.

Trend- oder Referenzfall: Hier soll insbesondere der Einfluss des unzureichenden Vollzugs der Energieeinsparverordnung (EnEV) aufgezeigt werden. Die derzeitigen Trends werden fortgeschrieben und zwar auf der Basis der existierenden Verordnungen, der laufenden Förderprogramme sowie der Entwicklungen in der Wohnungswirtschaft und im Heizungsgewerbe. Es wird unterstellt, dass die Förderung der Altbausanierung weiterhin nicht ausreicht und dass der Vollzug der Verordnungen unzufriedenstellend bleibt. Für den Neu- und den Altbaubereich wird jeweils eine Vollzugsrate von rund 50 % unterstellt, was den Erfahrungen aus der Baupraxis entspricht.

Reduktionsfall: Hier wird mittel- bis langfristig eine verschärfte Klimaschutzpolitik unterstellt. Angenommen werden weiter verschärfte Wärmeschutzanforderungen, eine verbesserte Überwachung des Vollzugs der Verordnungen, effizientere Förderprogramme, eine verstärkte Nutzung regenerativer Energiequellen und ein energiebewussteres Nutzerverhalten. Es wird ein Vollzug der Verordnungen von 100 % angenommen. Ein Eingriff ins Eigentumsrecht durch einen Sanierungszwang soll auf keinen Fall erfolgen.

Die beiden hier betrachteten Fälle lehnen sich weitgehend an die sozioökonomischen Rahmendaten für die Szenarien der Enquete Kommission an. Abweichungen treten lediglich bei der zugrunde gelegten Gebäudefläche auf, die hier kleiner ist als bei den sozioökonomischen Daten für die Szenarien (vgl. folgende Tabelle 4 und Tabelle 10 in Kapitel 5.4.1). Die Ursache für die Differenz ist, dass hier nur die Wohnfläche betrachtet wird, während bei den sozioökonomischen Daten für die Szenarien noch die Nichtwohngebäude bei den Mehrfamiliehäusern enthalten sind.

In den folgenden Abschnitten wird die Entwicklung der wichtigsten Rahmenbedingungen, die den Wärmeverbrauch mit beeinflussen, dargestellt.

Zukünftige Wohnflächennachfrage

Trotz abnehmender Bevölkerung steigt die Zahl der Haushalte bis 2030 an (vgl. Tabelle 4). Während die Zahlen für Haushalte mit drei und mehr Personen ungefähr konstant bleiben, nehmen die Ein- und Zweipersonenhaushalte stark zu. Dieser Trend ist bedingt durch die frühere Selbständigkeit der Kinder, durch mehr kinderlose Ehepaare, mehr Scheidungen und mehr Single-Haushalte allgemein. Nach 2030 kommt es wegen des starken Bevölkerungsrückgangs auch zu einem Abfall der Haushaltszahlen.

Der Wohnflächenbedarf pro Person steigt im Betrachtungszeitraum von 36,9 m^2 auf 52,3 m^2 an. Verursacht wird dies durch einen weiter steigenden Lebensstandard aufgrund des unterstellten Wirtschaftswachstums, durch mehr Ein- und Zweipersonenhaushalte und durch den sog. „Remanenzeffekt“ (BLB 1999). Dies sind nicht umziehende Haushalte, wo ältere Personen allein in großen Familienwohnungen zurück bleiben. Dieser Effekt wird durch die zunehmende Überalterung der Gesellschaft immer stärker. Zusammenfassend ergibt sich, dass der gesamte Wohnflächenbedarf von 3 005 Mio. m^2 auf 3 505 Mio. m^2 anwächst.

Bestandsveränderungen durch Abriss und Neubau

Aus Tabelle 5 lässt sich ableiten, dass im Wohnbereich der langfristige Zubau pro Jahr im Mittel 22,5 Mio. m^2 oder 0,9 % beträgt. Der mittlere jährliche Abriss beläuft sich bis 2020 auf 10 Mio. m^2 (0,4 %) und danach 16 Mio. m^2 (0,6 %). Bei Fortschreibung dieser Abrissraten wäre, zumindest theoretisch, der Bestand von 1995 in ca. 200 Jahren verschwunden. Die niedrigere Abrissrate bis 2020 berücksichtigt, dass bei einem Teil der Altbauten durch An- und Umbau (Dach, Keller) weitere Wohnflächen geschaffen werden. Interessant ist, dass im Jahre 2050 noch 75 % der heute existierenden Bausubstanz im Wohnbereich vorhanden ist.

Im Nichtwohnbereich sind die Veränderungen relativ wesentlich stärker (vgl. Tabelle 4 bis 5). So beträgt der mittlere Zubau bis 2050 rund 1,3 % pro Jahr und der Abriss 1,1 % pro Jahr (Bezug 1995). Von den heute existierenden Gebäuden sind 2050 nur noch 38 % vorhanden.

Ordnungsrechtliche Entwicklung

In den letzten 30 Jahren sind die Bestimmungen für den Wärmeschutz im Gebäudebereich fünf Mal, d. h. alle sechs Jahre, verschärft worden. Dabei hat sich der mittlere zulässige Heizwärmeverbrauch etwa um den Faktor fünf verringert. Obwohl der Spielraum für zusätzliche Einsparungen inzwischen klein geworden ist, existieren noch weitere Möglichkeiten. Die derzeit in Schweden geltende Baunorm von 1990 hat gegenüber der gerade in Kraft getretenen Energieeinsparverordnung (EnEV) z. B. im Neubaubereich im Mittel um 40 % bis 45 % niedrigere Wärmeübergangskoeffizienten (außer Fenster). Trotz der in Schweden häufig praktizierten Holzbauweise, bei der sich das Gebäude leichter dämmen lässt als bei der hier üblichen Steinbauweise, kann man davon ausgehen, dass auch bei uns noch weitere über die EnEV hinausgehende Sparpotenziale bestehen.

Im Trendfall wird ab dem Jahr 2002 durchgehend die EnEV unterstellt. Der Reduktionsfall geht dagegen von einer 25-prozentigen Verschärfung der Wärmeschutzmaßnahmen ab 2010 für Neubauten aus. Dadurch wird die Mehremission der Neubauten verringert. Eine solche Maßnahme ist im Reduktionsfall sinnvoll, um die gesetzten Minderungsziele zu erreichen. Grundsätzlich ist langfristig eine weitere Verschärfung der Verordnungen nicht auszuschließen.

Tabelle 4

Haushalts- und Wohnflächenentwicklung

		1995	2005	2020	2050
Bevölkerung	Mio.	81,7	82,0	80,7	67,1
Haushaltsgröße	Pers./Haushalt	2,21	2,17	2,12	1,90
Haushalte	Mio.	36,9	37,7	38,2	35,3
Wohnfläche/Person	m^2	36,8	39,3	41,3	52,3
Wohnfläche/Haushalt	m^2	81,3	85,4	87,4	99,3
Gesamter Wohnflächenbedarf	Mio. m^2	3.005	3.220	3.334	3.505

Tabelle 5

Entwicklung des Gebäudebestandes in Mio. m^2

		Bestand	Veränderung	Bestand	Veränderung	Bestand
		1995	1995–2020	2020	2021–2050	2050
Altbau ABL	W [1]	2.510	– 176	2.334	– 334	2.000
Altbau NBL	W [1]	495	– 83	412	– 147	265
Neubau BRD	W [1]		588	588	652	1.240
Gesamt BRD	W [1]	3.005	–	3.334	–	3.505
Gesamt BRD	NW [2]	926	– 297 360	989	– 280 326	1.035

1 W = Wohnbereich (Haushalte)

2 NW = Nichtwohnbereich (Kleinverbrauch)

Quelle: IKARUS-Datenbank

4.2.4.2 Auswirkungen der Sanierung auf einzelne Gebäudetypen

Bild 6 zeigt die flächenspezifischen Endenergieverbräuche für Raumwärmeerzeugung und Warmwasserbereitstellung für unsanierte und vollsanierte, freistehende Einfamilienhäusern (EFH) aller Altersklassen. Die Bereiche für die Baujahre sind unter dem Diagramm angegeben. Bei Vollsanierung beziehen sich die Einsparungen auf die Dämmung aller Gebäudeteile mit zusätzlichem Heizungsaustausch. Die Einsparungen der Vollsanierung belaufen sich, bezogen auf den unsanierten Zustand, auf 100 bis 290 kWh/m²a oder 45 bis 70 %. Die Abbildung zeigt deutlich, dass insbesondere bei den alten Gebäuden die Einsparpotenziale höher sind.

Solch hohe Einsparraten lassen sich bei Reihen- und Mehrfamilienhäusern nicht erzielen wie Bild 7 zeigt. Reihenhäuser (RDH) haben wegen der gemeinsamen Wände mit Nachbarhäusern einen geringeren Verbrauch im unsanierten Zustand. Kleine und große Mehrfamilienhäuser (KMH, GMH) besitzen wegen ihrer Kompaktheit ebenfalls einen geringeren spezifischen Verbrauch als Einfamilienhäuser. Für die Altersklasse 1949–1957 ergeben sich nach Bild 7 folgende Einsparungen durch Vollsanierung:

Bild 6

Spezifische Endenergieverbräuche für Raumwärme und Warmwasser nach EnEV für EFH

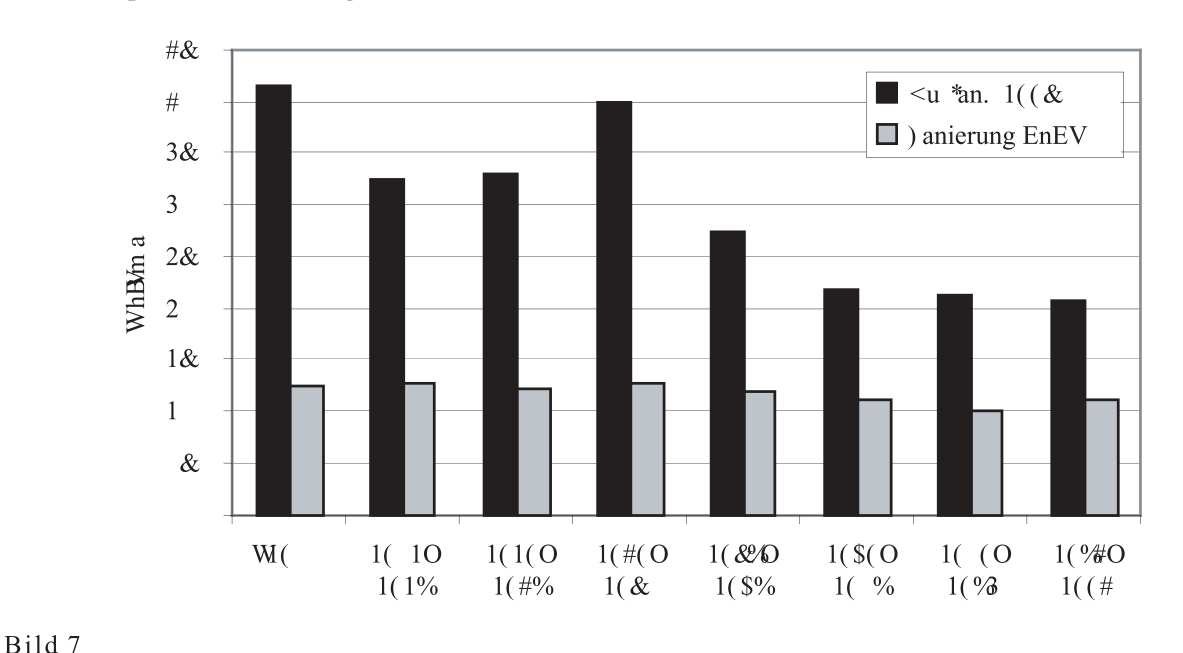
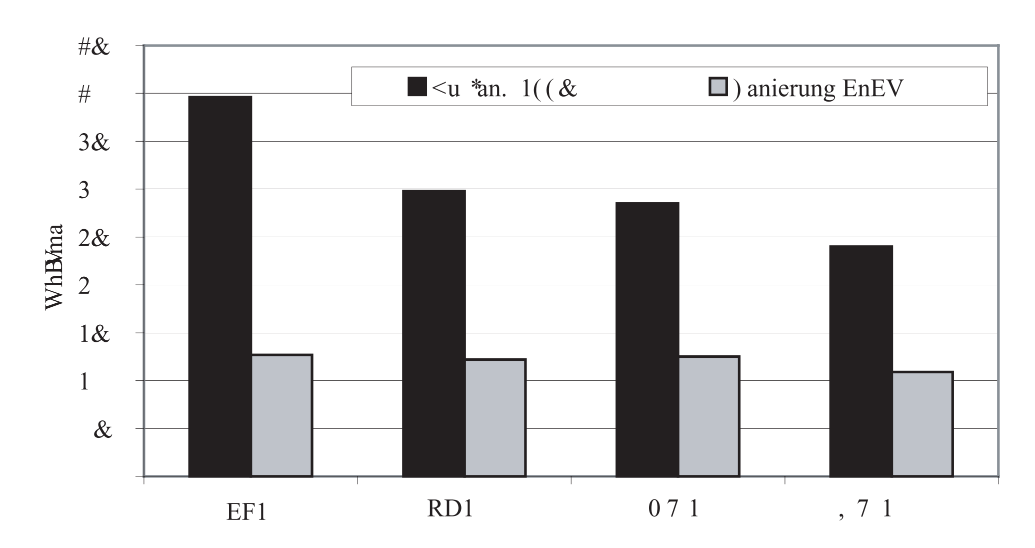


Bild 7

Spezifische Endenergie-Einsparpotenziale für Raumwärme und Warmwasser bei Vollsanierung nach EnEV (Altersklasse 1949–1957)



Freistehendes Einfamilienhaus (EFH)	270 kWh/m²a	68 %
Reihenhaus (RDH)	175 kWh/m²a	58 %
Kleines Mehrfamilienhaus (KMH)	160 kWh/m²a	55 %
Großes Mehrfamilienhaus (GMH)	130 kWh/m²a	55 %.

Anmerkungen zu den Sanierungskosten: Sanierungsmaßnahmen kommen an die Grenze der Wirtschaftlichkeit und können diese auch überschreiten, wenn die energetische Sanierung zusammen mit der ohnehin fälligen Gebäudesanierung durchgeführt wird. Für die Energiesparmaßnahmen sind dann nur die Mehrkosten gegenüber den Sowieso-Kosten in Anrechnung zu bringen. Insbesondere bei Mehrfamilienhäusern wird wegen ihrer kompakten Bauweise dann Wirtschaftlichkeit erreicht, wenn mit der technischen Lebensdauer gerechnet wird.

Außerdem ist zu berücksichtigen, dass der Gebäudebesitzer dann, wenn er aus baulichen Gründen das Gebäude sanieren muss, ohnehin verpflichtet ist, entsprechende Wärmedämmmaßnahmen durchzuführen, und zwar ohne Rücksicht auf die Kosten.

4.2.4.3 Langfristige Klimaschutzziele im Gebäudebestand kaum erreichbar

Nach den Szenariorechnungen wird sich der Energieverbrauch zur Wärmebereitstellung im Gebäudesektor bis etwa 2005 nur geringfügig ändern. Dies stimmt auch mit der realen Entwicklung der letzten Jahre gut überein. Nach 2005 setzt jedoch zunehmend die Sanierung derjenigen Bauten ein, die zwischen dem zweiten Weltkrieg und dem Inkrafttreten der ersten Wärmeschutzverordnung gebaut wurden, und die zu einem großen Teil noch unzureichend gedämmt sind, so dass hier erhebliche Einsparungen erschlossen werden können. Ein Teil der alten Gebäude mit hohem Verbrauch wird abgerissen, was sich ebenfalls verbrauchsmindernd auswirkt. Außerdem sind bis 2015 alle alten Heizungen gegen neue Anlagen mit wesentlich besserem Wirkungsgrad ausgetauscht, was auch einen deutlichen Einfluss auf den Verbrauchsrückgang hat. Die Dämmung der obersten Geschossdecken und der Kellerdecken, die von der EnEV vorgeschrieben wird, hat dann in einem gewissen Umfang zu greifen begonnen. Der zusätzlich Bedarf des Neubaubereichs, der hier mit eingerechnet ist, kompensiert die Minderungseffekte wieder. Die Entwicklung des gesamten Endenergieverbrauchs ist für die beiden Fälle in Bild 8 dargestellt.

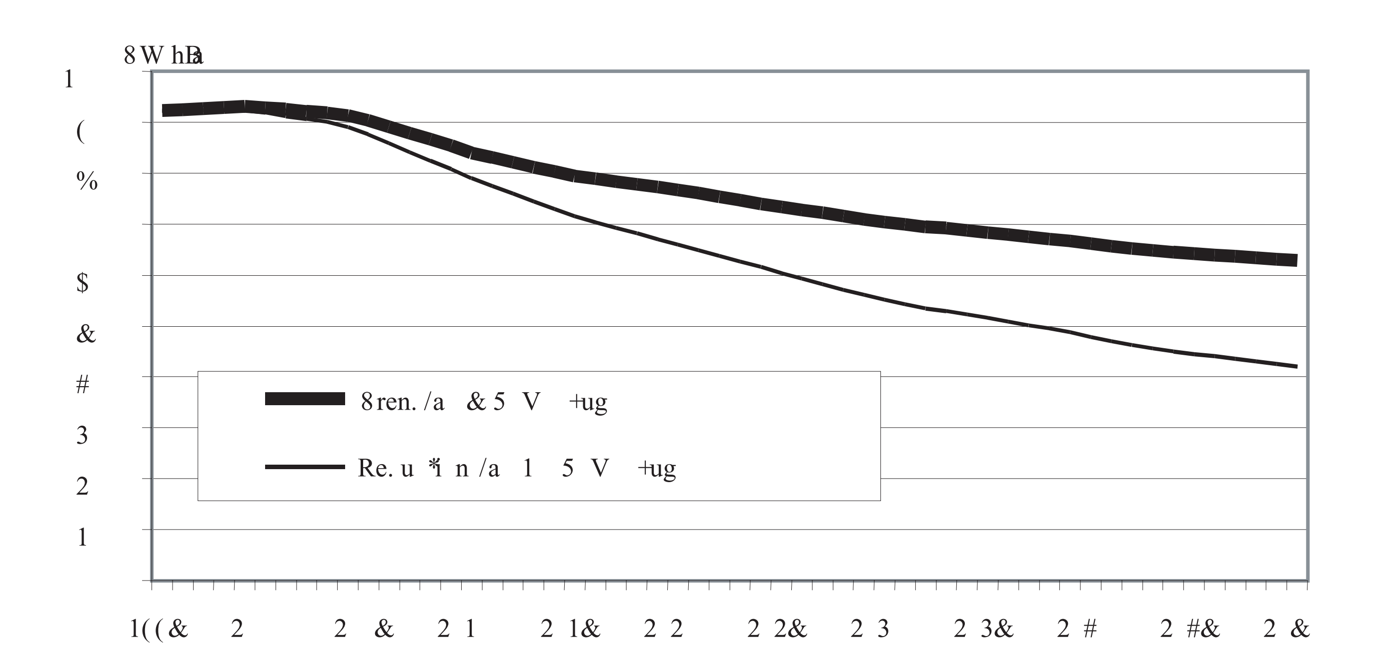
Im Trendfall fällt der Gesamtverbrauch von 1990 bis 2020 um 17 % und bis 2050 um 32 % ab.

Im Reduktionsfall macht sich die Sanierungseffizienz von 100 % deutlich bemerkbar. Im Vergleich zu 1990 wird damit bis 2020 eine Verbrauchsminderung von 29 % erreicht und bis 2050 von 55 %.

Die in Bild 8 gezeigten Entwicklungen des Energieverbrauchs lassen sich mit ausreichender Genauigkeit auch als Trends für die CO_2-Minderung interpretieren, da sich die Struktur der Verbräuche nicht so wesentlich ändern wird. Heizöl und Gas werden zusammen auch langfristig den weitaus überwiegenden Anteil an der Versorgung bereit stellen. Ihre Anteile werden sich weiter zugunsten des

Bild 8

Entwicklung des zukünftigen Endenergieverbrauchs für Raumwärme und Warmwasser der Gebäude im Wohn- und Nichtwohnbereich



Gases gegeneinander verschieben. Langfristig wird also der CO_2-Ausstoß gegenüber dem Energieverbrauch etwas stärker sinken.

Trotzdem ist der Schluss erlaubt, dass sich die derzeitigen Minderungsvorstellungen von 40 % bis 2020 und 80 % bis 2050 selbst im Reduktionsfall nicht erreichen lassen. Ursache hierfür ist die Tatsache, dass der Sanierungsprozess im Gebäudebestand sehr träge ist. Aufgrund der Lebensdauer der Bauteile liegt der mittlere Renovierungszyklus bei rund 50 Jahren. Die Einspareffekte durchdringen den Bestand also sehr langsam. Wenn die Werte des Reduktionsfalls erreicht werden sollen, dann müsste sofort eine ganz erheblich Verstärkung der Klimaschutzbemühungen im Gebäudebereich erfolgen. Die Klimaschutzziele müssen angesichts der Systemträgheit der Gebäudesanierung realistischer angesetzt werden.

4.2.5. Warum die laufenden Förderprogramme nicht ausreichen

Die laufenden Förderprogramme

Auf Länder- und Kommunenebene gibt es eine Reihe von Förderprogrammen zur Altbausanierung. Als Förderinstrument werden in den meisten Fällen bevorzugt zinsverbilligte Darlehen eingesetzt. Die Konditionen variieren von Land zu Land. In Einzelfällen werden auch begrenzte Investitionszuschüsse gewährt. Die Bemessungsgrenze ist auch hier nicht einheitlich. Gelegentlich wird die Förderhöhe nach der konkret erzielten Einsparung bemessen. Im Vergleich zu den KfW Programmen handelt es sich hier um kleinere Programme. Die KfW Programme sind derzeit die bedeutendsten Förderprogramme zur Altbausanierung.

Die KfW-Programme dienen der zinsgünstigen, langfristigen Finanzierung von Investitionen zur Energieeinsparung und zur CO_2-Reduzierung in Wohngebäuden sowie der Errichtung von Passivhäusern, wobei der Zinssatz verbilligt wird und tilgungsfreie Anlaufjahre gewährt werden. Gefördert werden bis zu 100 % der Investitionskosten einschließlich der Nebenkosten zur Wärmedämmung und zur Heizungserneuerung. Die Anträge können von Privatpersonen, Wohnungsunternehmen, Gemeinden, Kreisen sowie sonstigen Körperschaften und Anstalten des öffentlichen Rechts gestellt werden.

Seit Anfang 2001 wurde neben dem schon seit 1996 laufenden alten Programm (Programm96) ein neues Förderprogramm (Programm01) eingerichtet. Während das alte Programm Einzelmaßnahmen fördert, konzentriert sich das neue Programm auf Maßnahmenbündel, die ein Mindesteinsparung von 40 kg CO_2/m^2a erreichen müssen. Für diese qualitativ bessere Sanierung werden 2 % mehr an Zinsverbilligung gewährt.

Kreditzusagen und angestoßene Investitionen bis Ende 2001

Die jährlichen Kreditzusagen und die insgesamt angestoßenen Investitionen als die kennzeichnenden Parameter der Programmumsetzung sind von 1996 bis 2001 in Tabelle 6 zusammengestellt (KfW 2002).

Die Kreditzusagen für den Altbaubereich im alten Programm sinken von 716 Mio. EUR im Startjahr 1996 auf ein absolutes Minimum von 386 Mio. EUR im Jahre 1998. Danach ist ein deutlich aufsteigender Trend zu verzeichnen. Die Kreditzusagen wachsen bis 2001 auf den Höchstwert der bisherigen Laufzeit von 786 Mio. EUR. Bezogen auf den Tiefststand von 1996 bedeutet dies eine Verdoppelung des Kreditvolumens. Der Anstieg bleibt offensichtlich unberührt davon, dass im Rahmen des neuen Programms Jahr 2001 zusätzlich 495 Mio. EUR nachgefragt werden.

Für das Programm01 wurden 2001 erstmalig rund 495 Mio. EUR an Krediten zugesagt. Interessant ist, dass der Betrag für das Programm01 deutlich geringer ist als für das Programm96, obwohl der Zinssatz hier erheblich günstiger ist. Dies lässt erkennen, dass der überwiegende Teil der Kreditnehmer offensichtlich Einzelmaßnahmen gegenüber Maßnahmenpaketen bevorzugt. Im unteren Teil von Tabelle 6 ist der Verlauf der angestoßenen Investitionen gezeigt. Sie verlaufen für den Altbaubereich etwa proportional zu den Krediten für die Altbausanierung. Das Verhältnis von Investitionen zu Kreditzusagen liegt im Mittel bei rund 1,5. Diese Zahl bedeutet, dass rund zwei Drittel der gesamten Investitionssumme durch KfW Kredite abgedeckt werden.

Bisher geförderte Wohneinheiten

Die Entwicklung der geförderten Wohnflächen und Wohneinheiten ist in Tabelle 7 für die beiden Programme zusammengestellt. Im Rahmen des Programms96 wurden in der Laufzeit von 1996 bis 2001 insgesamt 438 000 Wohneinheiten saniert. Das entspricht im Jahresmittel rund 73 000 Wohneinheiten. Im Jahr 2001 kommen dann Sanierungen im Rahmen des Programms01 von 29 900 Wohneinheiten dazu.

In der Praxis hat sich gezeigt, dass Gebäude spätestens nach 50 Jahren renoviert werden sollten, um die Bausubstanz zu erhalten und um den Wohnkomfort zu verbessern. Außerdem sind alte Gebäude meist schlecht gedämmt und verschwenden deshalb große Mengen Energie. Ein mittlerer Renovierungszyklus von 50 Jahren bedeutet, dass jährlich 2 % des Gebäudebestandes modernisiert werden sollten. Bei insgesamt 37 Mio. Wohnungen entspricht dies einem mittleren jährlichen Sanierungsbedarf von rund 800 000 Wohnungen. Die mit KfW Programmen geförderten Wohnungen haben am rechnerischen Sanierungsvolumen im Mittel einen Anteil von weniger als 10 %. Im Jahr 2001 beträgt der Anteil wegen des neuen Programms insgesamt rund 15 %.

CO_2-Minderung und Arbeitsplatzeffekte

Durch die Sanierung ergibt sich eine Energie- und CO_2-Einsparung an den Gebäuden. Bei den Produzenten der Baustoffe und der Heizungsanlagen dagegen entstehen zusätzliche Emissionen. Die Nettoeinsparung resultiert dann aus der Differenz der Einsparungen bei den Gebäudebesitzern und den produktionsbedingten Mehremissionen.

Diese Netto-Einsparung kumuliert sich von Jahr zu Jahr, da immer mehr sanierte Gebäude dazu kommen. Bis 2001

Tabelle 6

Jährliche Kreditzusagen und angestoßene Investitionen in Mio. EUR zu laufenden Preisen

		1996	1997	1998	1999	2000	2001	Summe
Kreditzusagen								
Programm96	Altbau	716	436	386	685	564	786	3.573
Programm01	Altbau	0	0	0	0	0	495	495
Beide Programme	Altbau	716	436	386	685	564	1 281	4 068
Angestoßene Investitionen								
Programm96	Altbau	1 152	767	798	1 032	697	1 092	5 538
Programm01	Altbau	0	0	0	0	0	694	694
Beide Programme	Altbau	1 152	767	798	1 032	697	1 786	6 232

Quelle: KfW 2002

Tabelle 7

Geförderte Wohneinheiten von 1996 bis 2001

		1996	1997	1998	1999	2000	2001	Summe
Programm96	Altbau	109 500	61 500	46 000	72 600	58 500	89 900	438 000
Programm01	Altbau	0	0	0	0	0	29 900	29 900

Quelle: KfW 2002

haben beide KfW-Programme eine kumulative Nettoeinsparung von rund 1 Mio. Tonnen CO_2 erreicht[36]. Legt man diesen Wert auf die Laufzeit von sechs Jahren um, dann entspricht das etwa 0,17 Mio. Tonnen pro Jahr.

Würden Fassaden, Dächer, Fenster und Heizungsanlagen der 800.000 Wohnungen durch eine Vollsanierung erneuert, dann könnten jährlich 1 bis 1,5 Mio. t CO_2 eingespart werden. Das KfW Programm erreicht pro Jahr lediglich 11 bis 17 % dieses Wertes.

Ähnlich ist der Anteil bei den Arbeitsplätzen. Von dem rechnerischen Höchstwert von 240.000 Arbeitsplätzen werden durch das KfW Programm im Jahre 2001 nur rund 10 % ausgeschöpft.

Fazit

Im Gebäudebereich sind die Möglichkeiten, durch Renovierungsmaßnahmen Energie zu sparen, erheblich, wie die Analysen in den vorstehenden Abschnitten zeigen. Im Gegensatz dazu sind aber die Wirkungen der Gebäudemodernisierung im Gesamtbestand von 1990 bis heute wenig spürbar. Trotz vieler Bekenntnisse zum Klimaschutz ist der Heizenergieverbrauch in Deutschland seit 1990 nicht kleiner, sondern über viele Jahre laufend größer geworden. Erst in den letzten Jahren ist eine zaghafte Trendumkehr zu erkennen, was sicher mit auf die Wirkung des langsam stärker greifenden KfW Programms zurückzuführen ist. Der mögliche Einfluss der Ökosteuer lässt sich wegen der starken, weltmarktbedingten Fluktuationen des Ölpreises schwer abschätzen.

Trotzdem werden durch das wichtigste existierende Förderprogramm lediglich 10 bis 15 % der jeweiligen Potenziale ausgeschöpft, wie die vorstehenden Ausführungen zeigen. Das ist bei weitem zu wenig, um die gesetzten Klimaschutzziele zu erreichen. Wird die negative Entwicklung im Gebäudesektor weiterhin politisch akzeptiert bzw. ignoriert, dann sind auch die langfristigen Klimaschutzziele, auf die sich die Diskussion zunehmend bezieht, nicht zu erreichen. Der dann entstehende Schaden dürfte gravierende politische, ökologische und bauwirtschaftliche Auswirkungen haben.

4.2.6. Empfehlung für eine erweiterte Förderung

Eine größere Breitenwirkung erzielte Ende der siebziger und Anfang der achtziger Jahre die steuerliche Abschrei-

[36] Kleemann et al., 2002.

bung nach §82a EStDV.[37] Die pro Jahr angestoßenen Investitionen waren im Vergleich zum KfW-Programm z. T. mehr als zehnmal so hoch. Da steuerliche Anreize aller Erfahrung nach wirksamer sind und stärker greifen als sonstige Förderkonzepte, wird vorgeschlagen, als Ergänzung zu den laufenden KfW-Programmen eine verbesserte Förderung durchzuführen, die auf einer steuerlichen Abschreibungsvariante beruht. Sie sollte an den Erfolg, d. h. an die jeweils erreichte Einsparung gekoppelt sein. Das KfW Programm sollte auf jeden Fall weiter laufen, damit insbesondere diejenigen Gebäudeeigentümer mit erfasst werden, die auf Kredite angewiesen sind.

Mit einer verbesserten Förderung sollten qualifizierte, energiesparende Investitionsmaßnahmen in großer Breite angestoßen werden, ähnlich wie mit dem §82a EStDV. Der Gebäudesektor würde dann endlich aus dem Bereich der roten, d.h. steigenden, CO_2-Zahlen kommen und stärker sinkende Emissionen verzeichnen. Der positive wirtschaftliche Effekt eines solchen Förderprogramms wäre ein dringend notwendiger Auftragsimpuls für die Baubranche. Daneben würde das Programm die Schwarzarbeit reduzieren und die Kosten der Arbeitslosigkeit senken. Bei nur 100 000 zusätzlichen Arbeitsplätzen, sparte der Staat rund 2 Mrd. € an Arbeitslosenunterstützung. Der Förderaufwand für eine steuerliche Abschreibung würde dadurch kompensiert, und das Programm wäre für den Staat aufkommensneutral.

Außerdem sind weiterhin flankierende Maßnahmen wie Motivation, Information und Beratung der Gebäudeeigentümer sowie die Weiterbildung der Planer und Handwerker verstärkt notwendig.

4.3 Der motorisierte Verkehr

4.3.1 Vorbemerkung

Der motorisierte Verkehr in den Formen des Land-, See- und Luftverkehrs von Personen und Gütern ist gleichzeitig eine Voraussetzung und die Folge einer Wirtschaftsform, die sich national und international hochgradig arbeitsteilig ausdifferenziert hat. Transportprozesse ermöglichen es, Waren und Dienstleistungen jeweils dort zu erzeugen oder zu erbringen, wo dies – auch unter Berücksichtigung der Kosten des Transports – unter Beachtung der Anforderungen an die Qualität besonders kostengünstig möglich ist. Weltweit greifen in einem komplexen Wirkungsgefüge unter Nutzung leistungsfähiger IuK-Technologien Transportprozesse im Güterverkehr, im Tourismus und im Geschäftsreiseverkehr dergestalt ineinander, dass globale Wirtschaftsbeziehungen und auch globalisierte Lebensstile entstehen.

Neben wirtschaftlichen Bedürfnissen im engeren Sinn dient der Verkehr in hohem Maße der Organisation des Alltags, der Ermöglichung eines angenehmen Wohnens, des Reisens aus allen denkbaren Gründen usw. Die Verfügbarkeit über Mobilität macht für die Mehrheit der Deutschen einen wesentlichen Teil der Lebensqualität aus[38]. Nicht zuletzt wird über die Mobilität selber oder auch über den Besitz von Fahrzeugen (z. B. Pkw) die Zugehörigkeit zu Gruppen oder Schichten, der eigene Status und vieles andere ausgedrückt. In der Summe ist Mobilität in ihren vielen Ausprägungen zutiefst in den Strukturen unsere Gesellschaft verankert[39].

Die Nachfrage nach Verkehrsleistungen ist daher über die Jahrzehnte stetig gestiegen. Diese Tendenz wird sich weiter fortsetzen, wobei die Wachstumsraten in den entwickelten Ländern geringer werden, während sie in allen anderen Ländern beträchtlich bleiben.

Die weltweite Nachfrage nach Verkehrsleistungen hat eine hoch differenzierte Industrie hervor gebracht, die leistungsfähige Transportmittel zu vertretbaren Kosten herzustellen und zu vermarkten vermag. Deutsche Firmen haben auf diesem Gebiet eine weltweit führende Position und tragen so erheblich zu Beschäftigung und Wohlstand bei.

Die wichtige Rolle, die dem Verkehr von unserer Gesellschaft eingeräumt wird, hat auch dazu geführt, dass

- seine Infrastrukturen vielerorts landschaftsprägend geworden sind,
- die Menge der Verkehrsprozesse zur Belastung werden kann, weil sie die Aufenthaltsqualität mancherorts erheblich beeinträchtigt,
- die Emissionen des Verkehrs an Schadstoffen und Lärm zu Immissionen führen können, die schädigend sind,
- fossile Energie in erheblichem Umfang für den Verkehr eingesetzt werden muss und damit treibhauswirksame Gase freigesetzt werden.

Diese negativen Auswirkungen müssen durch entsprechende technische und organisatorische Maßnahmen in ihren Auswirkungen so begrenzt werden, dass sie weder eine Gefahr noch eine unzumutbare Belastung für die Bevölkerung darstellen und die Umwelt nicht schädigen.

Die Wahrnehmung dieser negativen Auswirkungen hat sich in der Vergangenheit immer wieder verändert und ist auch international unterschiedlich. Während in Deutschland zunächst die toxischen Emissionen im Vordergrund standen, waren es später die Säurebildner („Waldsterben"), dann die photochemisch aktiven („Ozon-Problem")[40]. Rückblickend kann man feststellen, dass alle jeweils adressierten Probleme so weitgehend gelöst werden konnten, dass eine Gefährdung bzw. schwere Beeinträchtigung fast überall vermieden werden konnte[41]. Als Beispiel zeigt Bild 10 die Entwicklung der Luftschadstoffemissionen aus dem deutschen Straßenverkehr.

Der Prozess zur Lösung solcher Probleme geht in der Regel durch einige Phasen:

---

37 Bartholomai, 2001.

38 Aschebach, 2001.

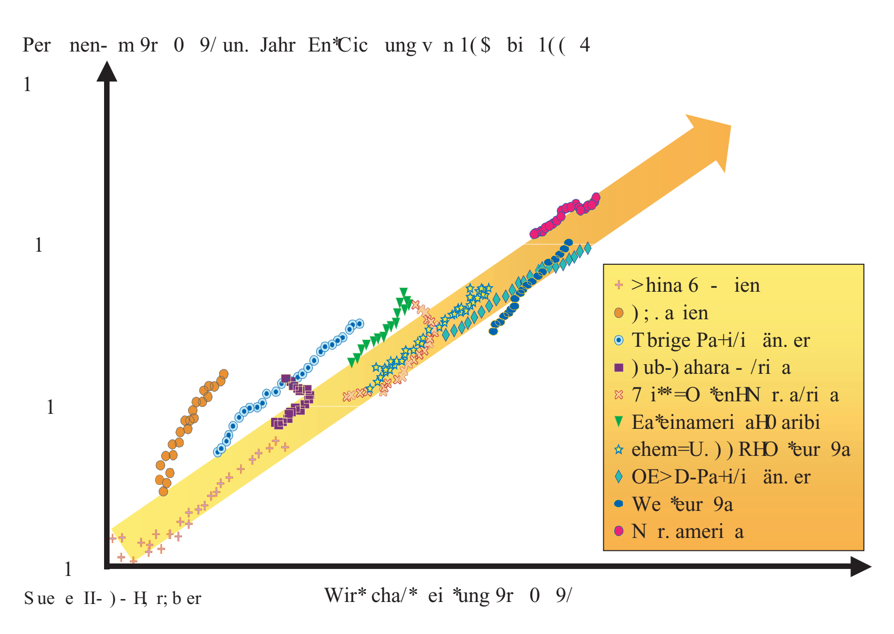
39 Es gibt Untersuchungen, die zeigen, dass Mobilität geradezu eine Grundkonstante des Lebens und insbesondere des menschlichen Lebens darstellt (siehe z. B. Gleich, 1998).

40 Teilweise parallel liefen die Bemühungen um die Vermeidung der Emissionen von Blei, um eine bessere Unabhängigkeit vom importierten Öl, zur Verminderung der Geräuschemissionen, zur Verbesserung der Verkehrssicherheit, zur Entschärfung des Abfallproblems usw.

41 für Details siehe Hoepfner, (2001a).

Bild 9

Zusammenhang von Wohlstand und Verkehrsleistung



Quelle: Shell 2001

– deutliche, häufig übertreibende Darstellung eines speziellen Problembereichs durch Umweltgruppen; Übernahme der Argumente durch politische Gruppen;

– Abwehrhaltung der betroffenen Industrien;

– Erarbeitung einer gemeinsamen Problemsicht und Festlegung von Zielen z. B. in Form von Verordnungen oder Selbstverpflichtungen; Schaffung von Anreizen über steuerliche Maßnahmen;

– technische Umsetzung.

Diese Phasen überlappen sich teilweise. Es dauert jedoch immer rund zehn Jahre, bis wesentliche Veränderungen in der Breite wirksam werden.

Heute konzentriert sich die Aufmerksamkeit auf die Freisetzungen von Treibhausgasen (THG). In Deutschland trägt der Verkehr heute zu rd. 22 % zu den energiebedingten CO_2-Emissionen bei. Der Endenergieverbrauch im Landverkehr stieg Anfang der 90er Jahre vereinigungsbedingt deutlich an; seither wächst er unter Schwankungen nur noch wenig; der Luftverkehr zeigt eine stark wachsende Tendenz. In weltweiter Perspektive sind für den gesamten Verkehrssektor weiter steigende CO_2-Emissionen zu erwarten. Vor diesem Hintergrund haben Maßnahmen im Bereich Verkehr auch in Deutschland eine hohe Bedeutung bei der Realisierung von Klimaschutzzielen.

Die wichtigsten Energieträger im Bereich Verkehr sind heute mit 45,1 % das Benzin (Normal- und Super-Benzin), Diesel mit 41,7 % und das ausschließlich im Flugverkehr eingesetzte Kerosin mit 10,8 %. Die übrigen Anteile entfallen mit 2,1 % auf elektrischen Strom (vor allem Bahnstrom) und zu 0,2 % auf Biodiesel. Alle anderen Treibstoffe sind statistisch unbedeutend.

4.3.2 Die wesentlichen Verkehrsentwicklungen

Zwei Drittel des Energieeinsatzes im Verkehrsbereich sind heute auf den Personenverkehr zurückzuführen. Den Hauptanteil hat daran der motorisierte Individualverkehr (MIV). Er bewältigte im Jahre 2000 rd. 740 Mrd. Personenkilometer (Pkm) (+ 4 % gegenüber 1991), die Gesamtfahrleistungen der Pkw/Kombi lagen bei 517 Mrd. Fz-km. In den nächsten Jahren wird sich der durch den MIV bedingte Energieeinsatz zunächst stabilisieren und dann langsam sinken. Ursache für diese Entwicklung sind zum einen die nur mehr geringen Änderungen im Verkehrsaufkommen, zum anderen der schrittweise Übergang zu Fahrzeugen mit höherer Treibstoffeffizienz.

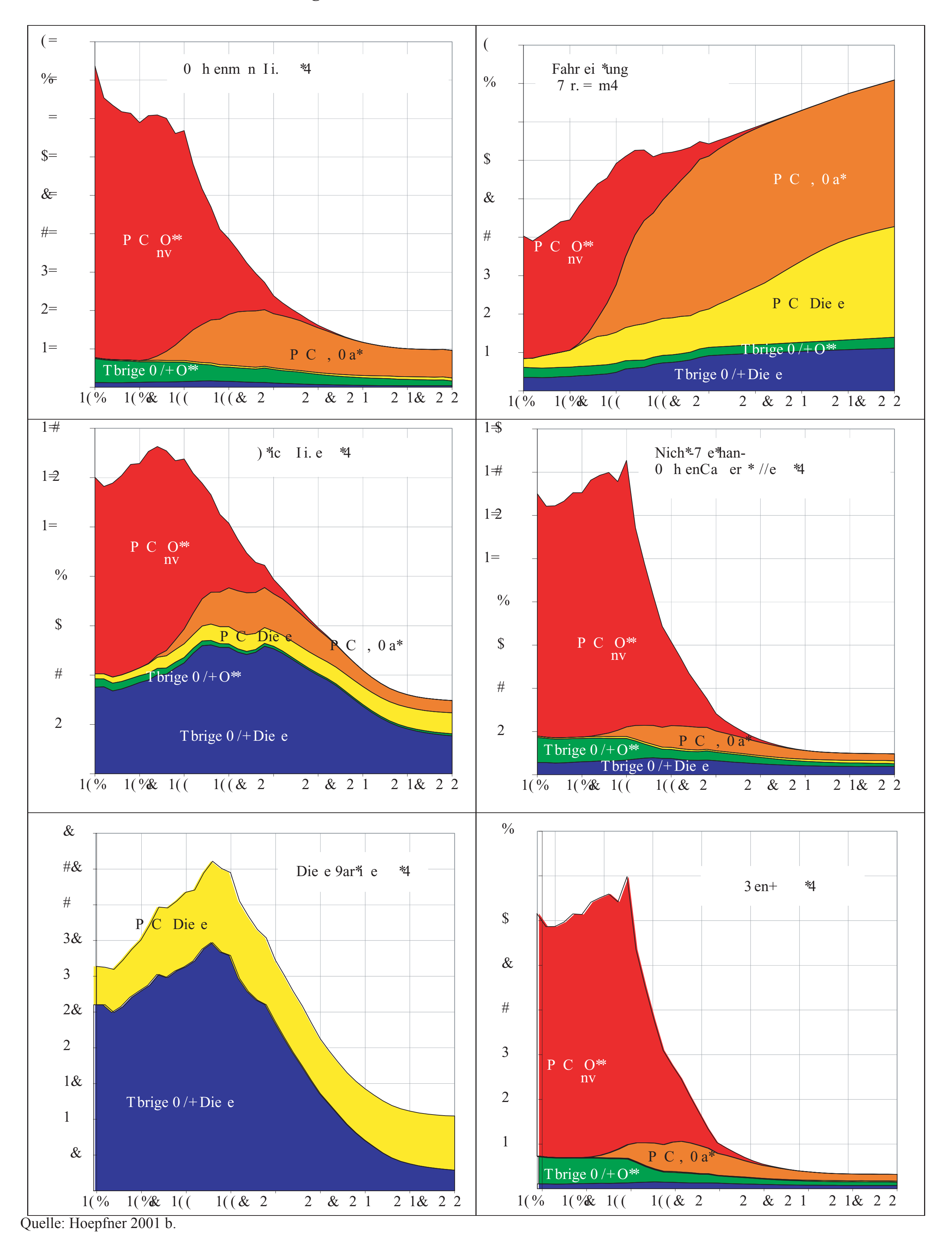
Bei gegebenen Siedlungsstrukturen hängt die Entwicklung des Pkw-Verkehrs i. W. von der Zahl der Führerscheinbesitzer und deren verfügbarem Einkommen ab. Seit 1991 hat der Pkw-Bestand von ca. 37 Mio. auf ca. 43 Mio. Einheiten zugenommen; bis zum Jahre 2020 weisen Prognosen 48 bis 55 Mio. Pkw aus. Bei leicht rückläufigen jährlichen Fahrleistungen pro Auto – rund 12.000 km im Jahre 2000, rund 11 000 km im Jahre 2020 – wird die Gesamtfahrleistung bis 2020 nach den vorliegenden Prognosen und Szenarien zwischen 7 % und 20 % zunehmen (Basis 1995). Nur Szenarien, die von einer starken staatlichen Lenkung der Verkehrsentwicklung ausgehen, lassen einen Rückgang der gesamten Pkw-Fahrleistung erwarten. [42]

Der Straßengüterverkehr hat während der letzten Dekade in Deutschland eine deutlich höhere Dynamik gezeigt als der

[42] Forschungszentrum Jülich 2002.

Bild 10

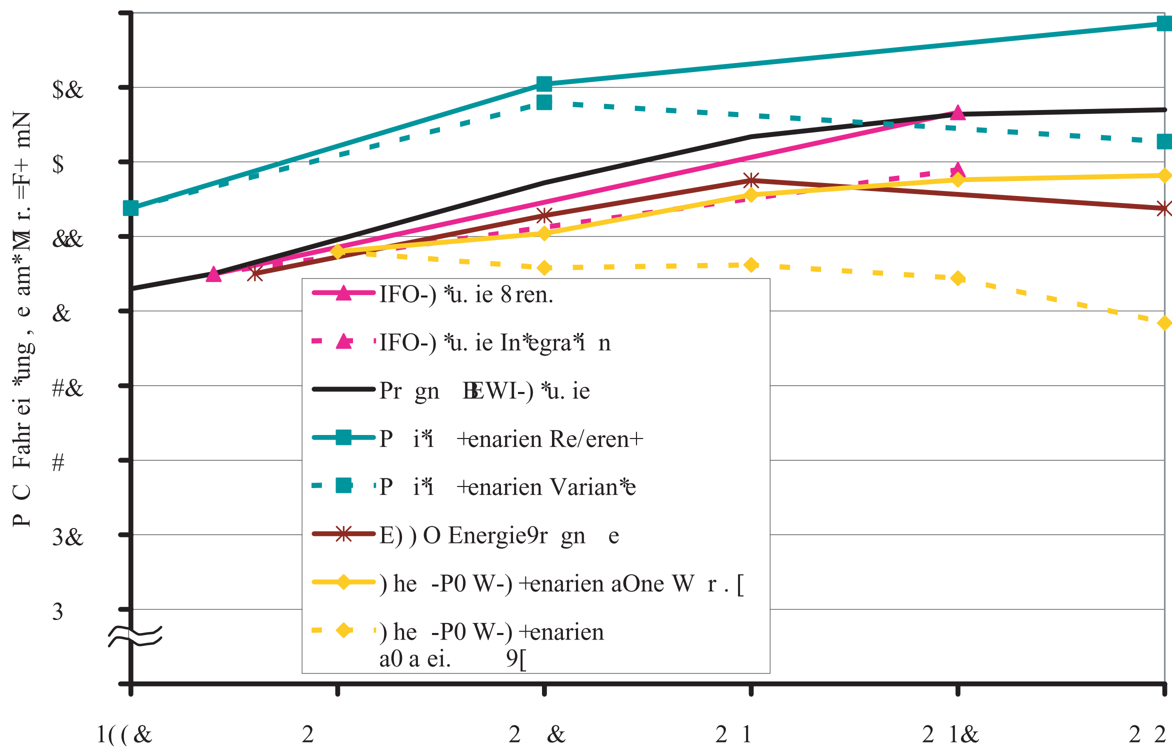
Zeitlicher Verlauf der Menge an Emissionen verschiedener Luftschadstoffe aus dem Verkehr



Quelle: Hoepfner 2001 b.

Bild 11

Annahmen verschiedener Szenarien über die künftige Entwicklung der Pkw-Fahrleistungen in Deutschland



Quelle: Forschungszentrum Jülich 2002

MIV. Die Transportleistung stieg von 1991 bis 2000 um rund 41 % auf 347 Mrd. tkm. Zugleich verringerte sich das Aufkommen des Schienenverkehrs um 5 % auf ca. 76 Mrd. tkm.

Treibende Kräfte des Verkehrsanstiegs beim Straßengüterverkehr ist die weitere Ausdifferenzierung der arbeitsteiligen Wirtschaft bei gleichzeitiger Öffnung der Grenzen nach Osten. Die Liberalisierung der Transportmärkte in der EU hat einerseits zu zusätzlichem Kostendruck (niedrigere Personalkosten, geringere Kraftstoffkosten, geringere Besteuerung in einigen wichtigen Drittstaaten) geführt, andererseits zur Steigerung der durchschnittlichen Auslastung der Lkw beigetragen. Es ist derzeit noch schwer abzuschätzen, ob die Einführung des Internethandels und verwandter Techniken netto zu einer Zu- oder Abnahme des Straßenverkehrs führen wird.[43]

Die relative Bedeutung der Schiene im Güterverkehr ging in Deutschland seit 1991 kontinuierlich zurück. Auch im internationalen Verkehr haben sich die Bahnen in Deutschland und in den Nachbarländern weder in Bezug auf die Qualität und Flexibilität ihrer Leistungsangebote noch durch günstigere Tarife einen Anteil am wachsenden Volumen der Frachtmärkte sichern können. Betriebliche Schwierigkeiten, aber auch die immer noch zu unbeweglichen Organisationsstrukturen erschweren es ihnen auch weiterhin, konkurrenzfähige Leistungen anzubieten. Auch die Verkehre aus den östlichen Nachbarländern drängen auf die Straßen, obwohl die Voraussetzungen bezüglich der Eisenbahn-Netzdichte dort grundsätzlich nicht ungünstig wären. Diese Entwicklung trägt wesentlich zu der erwarteten Verdoppelung des Güter-Transitverkehrs auf den Straßen bei. Die Verlagerung von Güterverkehr von der Straße auf die Schiene ist seit langem ein weithin geteiltes politisches Ziel; man muss allerdings erkennen, dass selbst bei einer Verdoppelung des Schienengüterverkehrs bis 2020 der Straßengüterverkehr immer noch um 10 % oder mehr wachsen würde.

Im Luftverkehr ist eine Stabilisierung des Verkehrsaufkommens und damit des Energieverbrauchs vor allem wegen des Wachstums des internationalen Verkehrs nicht absehbar.[44] Er ist daher ein wichtiger Adressat von THG-Minderungsmaßnahmen, zumal der grenzüberschreitende Luftverkehr in den bisherigen statistischen Abgrenzungen nicht angemessen berücksichtigt wird.[45]

---

43 Zoche et al., 2001.

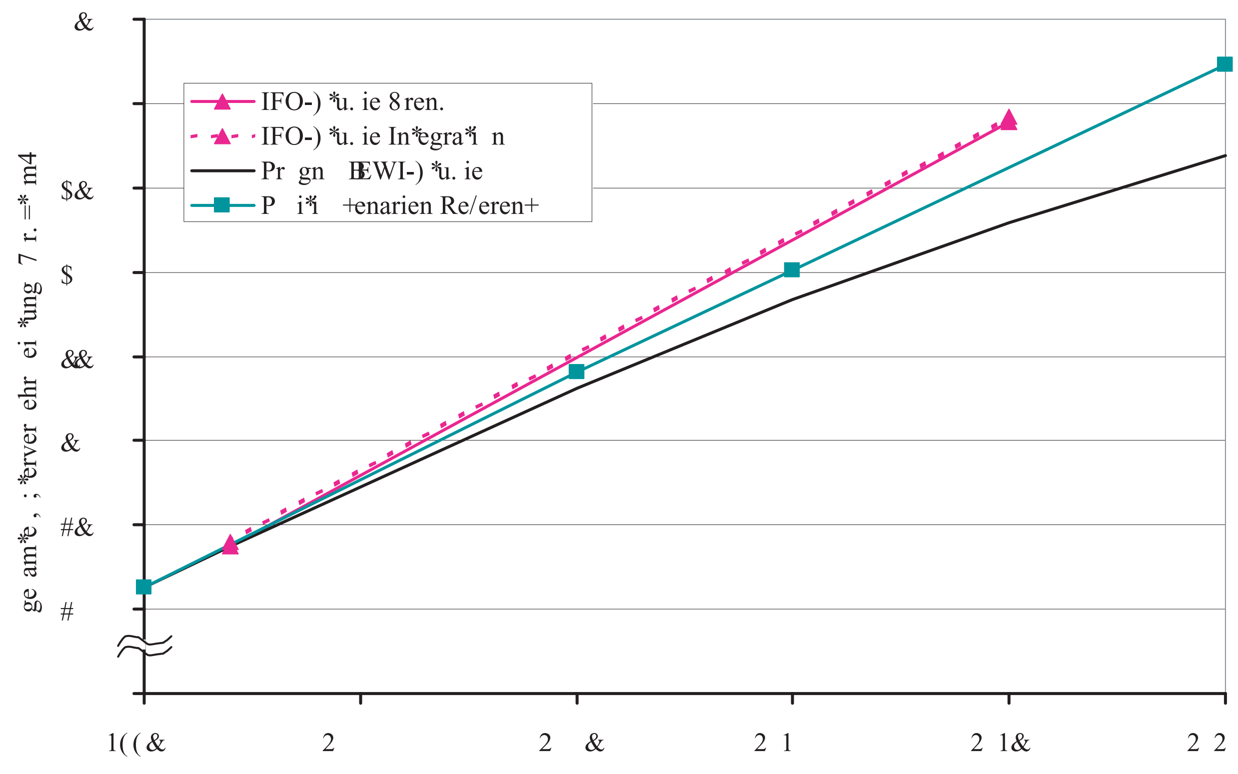
44 Es wird angenommen, dass die Rückgänge infolge des 11. September 2001 nur vorübergehender Natur sind.

45 Die übliche statistische Abgrenzung nach dem Territorialprinzip erfasst nur die über dem betreffenden Land abgewickelten Flüge; Flüge über internationalem Gewässer bleiben außer Betracht. Zudem ist eine Zuordnung von Emissionen zu Verursachern so nicht möglich. Die statistische Verfälschung liegt bei einem Faktor 10.

Bild 12



Annahmen verschiedener Szenarien über die künftige Entwicklung der Güterverkehrsleistung in Deutschland



Quelle: Forschungszentrum Jülich 2002

4.3.3 Die Entwicklung des Energieverbrauchs und der THG-Emissionen im Verkehr

4.3.3.1 Bestimmende Faktoren für den Energieverbrauch

Der Endenergieverbrauch des Verkehrs wird durch die folgenden Faktoren bestimmt:

- Die Entwicklung des Verkehrsaufkommens in Personen- und Tonnenkilometern insgesamt,
- die Aufteilung des Verkehrsaufkommens auf die verschiedenen Verkehrsträger (Modal Split),
- die Auslastung der Fahrzeuge,
- die technischen Merkmale der Fahrzeuge, die den Bedarf an Antriebsenergie für die Fahrzeugbewegung bestimmen, insbesondere Masse (inkl. rotierende Massen), Roll- und Luftwiderstand,
- der Wirkungsgrad der Fahrzeugantriebe,
- die Ausstattung der Fahrzeuge mit Nebenverbrauchern bzw. mit Energierückgewinnungseinrichtungen,
- der Zustand der Verkehrswege,
- das Verhalten der Fahrzeugführer,
- die Organisation des Verkehrs (Direktheit der Verbindungen, Flüssigkeit des Verkehrs, einfache Möglichkeit zum Wechsel zwischen Verkehrsträgern, usw.),
- die Qualität der Information für den Fahrzeugführer über optimale Wege, Verkehrsbehinderungen und andere den Verbrauch oder die Länge der zurück zu legenden Strecken bestimmenden Faktoren.

Für die Menge der erforderlichen Primärenergien ist daneben die Umwandlungskette relevant. In der weitaus überwiegenden Zahl der Straßen-, See- und Luftfahrzeuge und in vielen Schienenfahrzeugen muss die Nutzenergie an Bord aus chemischen Speichermedien gewonnen werden; dies erfordert „edle“, leicht umsetzbare, sehr sauber verbrennende Endenergien (Benzin, Diesel, Kerosin).[46] Elektrisch betriebene Fahrzeuge werden fast immer über Leitungen versorgt.[47] Die Emissionen an THG ergeben sich aus der eingesetzten Primärenergie, den Verlusten im Um-

---

[46] Eine Ausnahme bilden die Antriebsmaschinen großer Schiffe. Hier sind genügend Platz für aufwändige Kraftanlagen und ein passendes Betriebsregime mit langen Phasen im Stationärbetrieb vorhanden, so dass – wie in stationären Kraftwerken – billige Energieträger (z. B. Destillationsrückstände) genutzt werden können.

[47] Das Problem der Speicherung von Elektrizität in fahrzeugtauglichen Batterien ist trotz einiger Fortschritte weiter ungelöst.

wandlungssektor und dem erforderlichen Endenergiebedarf; die reine Betrachtung von Auspuffemissionen ist nicht zielführend.[48]

Etwa 95 % des heutigen Energieverbrauchs im Verkehr entfallen auf die Bereiche

– motorisierter Individualverkehr (MIV),
– bodengebundener Güterverkehr,
– Luftverkehr.

Sie werden im Folgenden eingehender betrachtet. Die nicht berücksichtigten Bereiche – Personenverkehr mit Bussen und Bahnen, motorisierter Individualverkehr mit Zweirädern, Binnenschifffahrt, Pipelines – sind zwar in globaler Betrachtung unerheblich, können aber durchaus relevante lokale Wirkungen haben. So sind Stadtbusse wesentliche Emittenten von Lärm und Ruß. Motorräder können signifikant zur Bildung von bodennahem Ozon beitragen und sind ebenfalls teilweise erhebliche Lärmemittenten.

Wegen der Veränderungen in den Verkehrsstatistiken nach der Wiedervereinigung sind geschlossene Zahlenreihen erst ab 1991 verfügbar, daher wird im Folgenden dieses Jahr als Referenz herangezogen.

4.3.3.2 Der Pkw-Verkehr

Der spezifische Verbrauch des Fahrzeugbestandes hat zwischen 1991 und 2000 bei Pkw mit Otto-Motor von 9,5 auf 8,8 l/100 km abgenommen, bei Diesel-Pkw von 7,7 auf 7,4 l/100 km. Der Verbrauchsvorteil des Dieselantriebs relativiert sich durch die um 13 % höhere Dichte und die entsprechend höhere CO_2-Emission. In den nächsten Jahren wird der Verbrauch weiter sinken; die im ACEA zusammengeschlossenen Autohersteller haben sich gegenüber der EU-Kommission verpflichtet, die CO_2-Emissionen neuer Fahrzeuge bis 2008 auf 140 g/km zu reduzieren (entspricht 5,8 l/100 km Ottokraftstoff bzw. 5,3 l/100 km Diesel). Die Importeure haben eine ähnliche Zusage gemacht. Es ist daher davon auszugehen, dass in der Überlagerung von Fahrleistungsentwicklung und spezifischen Kraftstoffverbrauch der Gesamtverbrauch der Pkw insgesamt deutlich rückläufig sein wird. Die vorliegenden Studien gehen von einer Reduktion der Verbrauchswerte im Fahrzeugbestand um 22 bis 37 % im Zeitraum 1997 bis 2020 aus.[49]

4.3.3.3 Der Lkw-Verkehr

Die Entwicklung des Straßengüterverkehrs hängt ab von

– weiter zunehmender nationaler und internationaler wirtschaftlicher Verflechtung mit einer erwarteten Zunahme der grenzüberschreitenden Güterverkehrsleistung um 97 %,[50]
– einem um 105 % steigenden Transitverkehr vor allem infolge zunehmender wirtschaftlicher Verflechtung unserer östlichen Nachbarländer mit der EU,[51]
– einem wachsenden Volumen im Bereich der flexiblen Lieferdienste, die typischerweise mit gering ausgelasteten kleinen bis mittelgroßen Fahrzeugen bedient werden.

Von 1991 bis 2000 wuchs die Transportleistung auf der Straße um 41 % auf 347 Mrd. tkm. Die gleichzeitig erreichten Verbesserungen bei den spezifischen Verbräuchen der verschiedenen Lkw-Kategorien konnten diesen Anstieg nicht kompensieren, zumal sie teilweise durch verschlechterte Verkehrsbedingungen aufgezehrt wurden; der Endenergieverbrauch (ausschließlich Dieselkraftstoff) und damit die CO_2-Emissionen ist daher um 38 % auf 17 Mio. t angestiegen.

Die verschiedenen Prognosen und Szenarien weisen eine Steigerung der Güterverkehrsleistung von 1997 bis 2020 zwischen 53 % und 65 % aus. Der Anteil des Transports von Gütern auf der Straße an den gesamten Verkehrsleistungen des Güterverkehrs betrug im Jahr 2000 knapp 71 %; für das Jahr 2015 wird ein Anteil zwischen 70 % und 74 % vorhergesagt.[52]

Die vorliegenden Studien gehen von einer 10 % bzw. 5 % bis 7 % Reduktion des Verbrauchs im Bestand von 1997 bis 2015 aus; generell wird den Straßengüterverkehrsfahrzeugen ein niedrigeres Kraftstoffverbrauch-Reduktionspotenzial im Vergleich zum Pkw-Sektor unterstellt.[53]

4.3.3.4 Der Luftverkehr

Bezogen auf die Verkehrsleistungen von 1995 wird in den vorliegenden Studien ein absolutes Wachstum des Personenluftverkehrs mit einer Bandbreite zwischen 50 % und 200 % angegeben[54]. Langfristig werden Minderungen der CO_2-Emissionen pro Passagier-km um 50 % und der NO_x-Emissionen um 80 % durch Maßnahmen an den Flugzeugen, den Triebwerken, den Flugprozeduren und durch ein Größenwachstum der Maschinen für realisierbar gehalten.[55] Die Nachfrageentwicklung wird dennoch zu einem Anstieg des Energieverbrauches führen, zumal diese Verbesserungen erst allmählich in der Flotte wirksam werden.

4.3.3.5 THG-Emissionen des gesamten Verkehrssektors

In der Summe ergibt sich für den gesamten Verkehrssektor je nach Annahmen von 1997 bis 2020 eine Spannweite der Entwicklung der CO_2-Emissionen von – 16,1 % bis + 10,2 %.[56]

---

[48] Das gilt auch für den Bahnstrom. Der Einfluss des Schienenverkehrs auf die THG-Bilanz wird i. W. von der Stromerzeugungsstruktur bestimmt.

[49] Forschungszentrum Jülich, 2002.

[50] Verkehrsbericht 2000 der Bundesregierung.

[51] Verkehrsbericht 2000 der Bundesregierung.

[52] Forschungszentrum Jülich, 2002.

[53] Forschungszentrum Jülich, 2002.

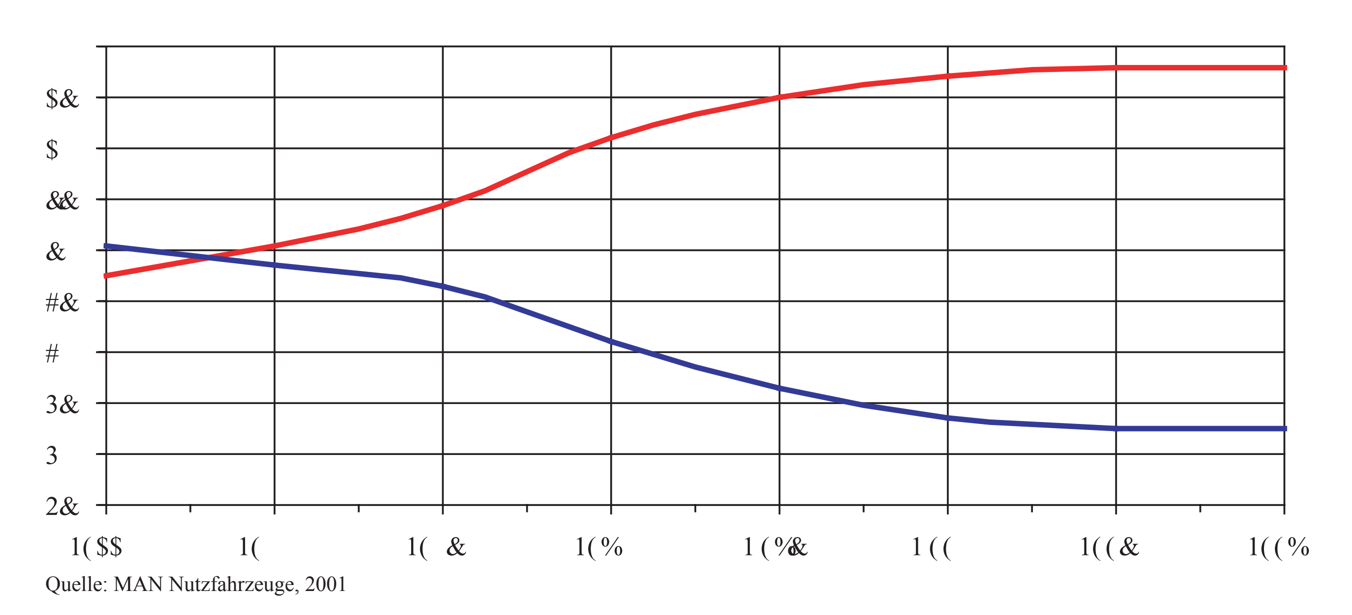
[54] Forschungszentrum Jülich, 2002.

[55] Group of Personalities, 2001.

[56] Forschungszentrum Jülich, 2002.

Bild 13

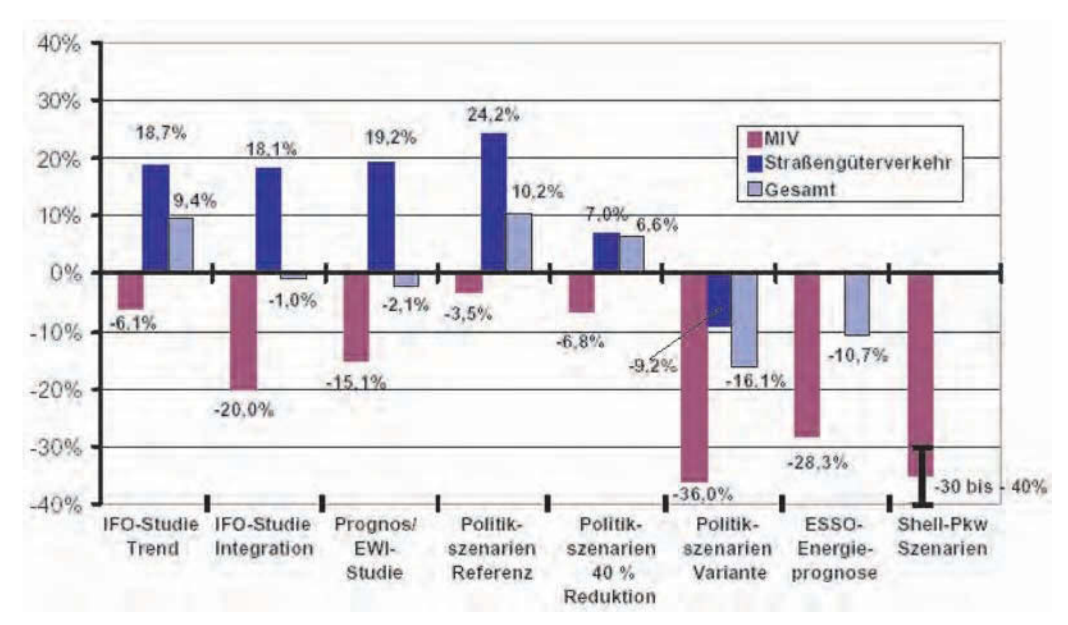
Kraftstoffverbrauch in l/100 km (blau) und Durchschnittsgeschwindigkeit in km/h (rot) von 38 t-Lkw-Zügen



Quelle: MAN Nutzfahrzeuge, 2001

Bild 14

Änderung der direkten CO_2-Emissionen des Verkehrssektors von 1995 bis 2020 nach verschiedenen aktuellen Szenariorechnungen



Quelle: Forschungszentrum Jülich 2002

4.3.4 Übersicht über effizienzverbessernde Techniken

Wie jedes Produkt, werden Verkehrsmittel wie Pkw, Lkw, Schiffe, Flugzeuge höchstens entsprechend dem jeweiligen technischen Wissensstand realisiert. Sie werden von Generation zu Generation kontinuierlich verbessert. Ansatzpunkte bieten

– die Konzepte der Produkte selber,
– die zur Anwendung kommenden Technologien (z. B. Werkstoffe, elektronische Steuerungen, Reibpaarungen, Schmiermittel, Kraftstoffqualitäten),
– die Fertigungsprozesse (z. B. Fügeverfahren, Automatisierung schwierig durchzuführender Arbeiten, Umform- und Urformverfahren),
– die Entwicklungsmethoden (z. B. Konstruktionsverfahren, Berechnungsmethoden, Versuchsmethodik, Qualitätsmanagement).

Es hängt von der Einschätzung des Marktes durch den Produzenten ab, welche Ziele mit diesen Verbesserungspotenzialen angestrebt werden. In der Vergangenheit hat die Fahrzeug- und Flugzeugindustrie wiederholt bewiesen, dass sie in der Lage ist, strenge Anforderungen bezüglich Verbrauch, Emissionen von Gasen, Partikeln und Lärm, Recycling usw. zu erfüllen. Dies gelingt umso besser, je klarer und langfristig verlässlicher die entsprechenden Ziele formuliert sind.

Es ist eine häufige Situation, dass sich Vorgaben aus verschiedenen Politikfeldern in der technischen Realisierung widersprechen. Ein Beispiel dafür sind Maßnahmen zu Verbesserung der passiven Sicherheit, die über das zwangsläufig zunehmende Gewicht durch Verstärkungen an der Karosserie, Einbau von Rückhaltesystemen usw. zu einer Verschlechterung des Kraftstoffverbrauchs führen.[57] Ein anderes Beispiel ist die Forderung des europäischen Gesetzgebers nach einer sehr hohen Quote an materieller Wiederverwertung von Werkstoffen beim Recycling. Dies wird schon bei konventioneller Bauweise immer schwieriger, je leichter das betreffende Fahrzeug ist, da vor allem an den großen Komponenten Gewicht gespart werden kann. Zudem sind nach heutigem Wissen extrem leichte Materialien wie CFK im Straßenfahrzeugbau nur mit unwirtschaftlichem Aufwand materiell wieder zu verwerten. Die theoretischen Potenziale zu Verbrauchsminderungen sind daher in der Praxis oft nicht voll umsetzbar.[58]

4.3.4.1 Kategorisierung der Maßnahmen

Zur Minderung der verkehrsbedingten Emissionen können am einzelnen Fahrzeug bzw. Fluggerät Maßnahmen aus den folgenden Kategorien einzeln oder in Kombination eingesetzt werden:[59]

– Verminderung aller Betriebswiderstände (z. B. Trägheitsmomente, Gewicht, Roll- und Luftwiderstand),
– Energiemanagement im Fahrzeug (z. B. Abwärmenutzung, Bremsenergierückgewinnung, Management der Nebenverbraucher),
– Effizienzverbesserung an konventionellen Antrieben (Erhöhung des Wirkungsgrades bei der Umsetzung des Treibstoffes in Bewegungsenergie des Fahrzeuges),
– Verwendung neuer Antriebe (z. B. Brennstoffzellen, Elektromotor),
– Einsatz alternativer Treibstoffe mit geringerem Gehalt an fossilem Kohlenstoff (z. B. Erdgas, Synfuel, „Sunfuel“, Methanol, Wasserstoff; dabei muss die Bereitstellungskette mit betrachtet werden),
– Unterstützung des Fahrers bei der energieeffizienten Nutzung eines Fahrzeugs durch Fahrerassistenzsysteme.

Ein weiteres wesentliches Potenzial liegt in einer Veränderung des Verhaltens der Fahrer, das durch entsprechendes Training und durch technische Unterstützung verbessert werden kann.

Nicht betrachtet werden hier Einsparmöglichkeiten durch Verzicht auf Fahrten (Suffizienzstrategien) und Wechsel des Transportmittels (Modal Mix). Auswirkungen von Verbesserungen an der Straßeninfrastruktur z. B. durch Beseitigung von Engpässen und Verkehrslenkungs- und -beeinflussungsmaßnahmen z. B. durch Einsatz von Telematik werden hier ebenfalls nicht behandelt, obwohl sie durch Verflüssigung und Verstetigung der Fahrzeugbewegungen, durch rationelle Routenplanung sowie Verringerung von Suchverkehren (Adresse, Parkplatz) erhebliche Energieeinsparungen ermöglichen. Gleichfalls unbetrachtet bleiben Methoden, mit deren Hilfe die durchschnittliche Auslastung von Verkehrsmitteln erhöht werden kann; sie können insbesondere im Güterverkehr sehr hilfreich sein.

4.3.4.2 Verbesserung der Fahrzeugtechnik und konventioneller Antriebe

Im Folgenden werden einige Hinweise auf Potenziale zur Verbesserung der Energieeffizienz von Transportmitteln gegeben. Dabei werden überwiegend Beispiele aus der Pkw-Technik gegeben, ohne dass damit eine politische Priorisierung ausgedrückt werden soll.

4.3.4.2.1 Wirkungsgrad der Fahrzeugantriebe

Dieselmotoren sind heute die effizientesten Antriebsmaschinen für Land- und Seefahrzeuge. Sie werden in den

[57] Mehrgewicht für Maßnahmen zu Verbesserung der passiven Sicherheit und zur Begrenzung von Schäden durch Bagatellunfälle für einen Mittelklasse-Pkw ca. 110 kg; das entspricht einem Mehrverbrauch von ca. 0,6 l/100 km. (Quelle: Schindler, 1997).

[58] Schaper, 2001.

[59] Für eine detailliertere Darstellung siehe Braess/ Seiffert, 2000.

nächsten Jahrzehnten durch noch differenzierter steuerbare Einspritzanlagen, geregelte Abgasrückführungen, Einsatz neuer Materialien, Variabilitäten in den Frischgas- und Auspuffsystemen und viele andere Detailverbesserungen weiter optimiert werden. Eine große Rolle wird auch die Verfügbarkeit besserer (z. B. schwefelfreier) Kraftstoffe spielen. Bisher hat der Diesel im Vergleich zum Ottomotor noch den Nachteil wesentlich höherer Partikelemissionen. Durch weitere innermotorische Verbesserungen oder durch den Einsatz von Partikelfiltern wird diese Problematik innerhalb der nächsten fünf Jahre bei Pkw und leichten Nfz entschärft werden. Bei schweren Nfz werden zur Erfüllung der Abgasminderungsstufe Euro 4 wahrscheinlich NO_x-reduzierende Katalysatoren erforderlich.

Bei Ottomotoren bestehen ähnlich große Effizienzpotenziale. Die wichtigsten Ansätze sind:

- Vollvariable Sauganlagen
- Vollvariable Ventilsteuerungen
- Direkteinspritzung (nur in Verbindung mit schwefelfreien Kraftstoffen möglich)
- Aufladung ggf. kombiniert mit einer Verkleinerung des Hubraums
- Zylinderabschaltung
- Variable Verdichtung
- Verbesserte Kraftstoffe

In der Summe werden von einschlägigen Forschungsinstituten beim Ottomotor Verbesserungen der spezifischen Verbräuche um bis zu 35 % für grundsätzlich möglich gehalten.

Fahrzeuge mit Diesel- und Ottomotoren werden sich sowohl hinsichtlich ihrer Schadstoffemissionen als auch bezüglich ihrer Verbrauchskennwerte weiter annähern. Die derzeitigen Unterschiede in der Behandlung durch den Gesetzgeber bezüglich Kfz-Steuer, Mineralölsteuer und Abgasgrenzwerten verlieren damit ihre Berechtigung.

Neue Brennverfahren, die den Unterschied zwischen Benzin- und Dieselmotor weitgehend aufheben könnten, befinden sich im Forschungsstadium. Sie bieten theoretisch nochmals ein beträchtliches Potenzial zur Verbrauchsminderung, ihre praktische Umsetzbarkeit ist aber noch nicht sicher einschätzbar.

Eine Fülle von weiteren Maßnahmen im Antriebsstrang ist nicht an das gewählte Verbrennungsverfahren gekoppelt. Einige davon sind:

- Übergang auf ein 42 V-Bordnetz mit vielfältigen Möglichkeiten zur Verminderung der Energieaufnahme von Nebenverbrauchern und teilweisem Verzicht auf den Nebentrieb,
- Schwung-Nutz-Automatik,
- Kurbelwellen-Schwungrad-Generator mit neuen Möglichkeiten zur teilweisen Bremsenergierückgewinnung, für den Start-Stop-Betrieb, für eine verbrauchsgünstigere Stromerzeugung usw,[60]
- kennfeldgesteuerte oder geregelte Kühler, Lüfter, Wasser- und Ölpumpen,
- Antriebsstrangmanagement unter Einschluss von automatisierten Getrieben.

Alle genannten Technologien befinden sich in der Entwicklung. Nach heutigem Wissen werden sie nicht kostenneutral darzustellen sein.

4.3.4.2.2 Reduzierung des Antriebs-Energiebedarfes

Korrespondierend zu den antriebsseitigen sind zahlreiche Maßnahmen möglich, die den Energiebedarf für den Betrieb eines Fahrzeugs reduzieren können:

- Reduzierung der Rollwiderstände
- Reduzierung des Luftwiderstandes
- Reduzierung des Beschleunigungswiderstandes

Der Rollwiderstand kann über die Eigenschaften der Reifen (auch der Fahrbahn) gemindert werden. Verbesserungen stehen hier aber in einem latenten Widerspruch zu anderen Eigenschaften wie z. B. der Haftung bei Kälte oder Nässe oder der Haltbarkeit.

Dennoch sind für Neureifen Verbesserungen in der Größenordnung von ca. 20 % im nächsten Jahrzehnt vorstellbar.[61] Eine weitere Maßnahme zur Minderung des Rollwiderstandes ist die Reduzierung des Fahrzeuggewichtes (siehe weiter unten).

Der Luftwiderstand bestimmt sich durch die Querschnittfläche des Fahrzeugs und den cx-Wert, der die aerodynamische Qualität der Fahrzeugform beschreibt. Die Querschnittfläche wird durch die Funktion des Fahrzeugs festgelegt und kann für übliche Pkw kaum unter 1,9 m^2 gesenkt werden. Beim cx-Wert erscheint eine Reduktion um weitere 10 bis 20 % nicht ausgeschlossen.[62]

Der Beschleunigungswiderstand hängt – wie der Rollwiderstand – wesentlich vom Gewicht des Fahrzeugs (und von dessen rotierenden Massen) ab. In den vergangenen Jahren wurden daher bereits erhebliche Anstrengungen unternommen, leichtere Konstruktionen zu entwickeln. Die entsprechenden Fortschritte wurden aber i. W. durch den Trend zu höheren Standards bei aktiver und passiver Sicherheit, zu verminderter Anfälligkeit bei Bagatellunfällen, zu Komfortverbesserungen usw. kompensiert. Die dennoch zu beobachtenden Verbrauchssenkungen gehen also überwiegend auf Verbesserungen am c_x-Wert, am Rollwiderstand und vor allem am Antriebsstrang zurück.

---

[60] Trotz mancher Fortschritte werden sich Hybridfahrzeuge wegen der immer noch teuren Batterien, die eine zu kurze Lebensdauer haben, voraussichtlich nicht durchsetzen. Möglicherweise haben Konzepte mit Ultra-Kondensatoren größeres Potenzial.

[61] Basis f_R=0,09

[62] Basis c_x=0,3

Die Bemühungen der Fahrzeughersteller zum Leichtbau werden weiter gehen. Bei den Ausstattungen wurde mit der breiten Einführung von Airbag-Systemen, Klimaanlagen und elektrischen Verstellmechanismen wahrscheinlich eine Sättigung bei gewichtstreibenden Komponenten erreicht. Die Gesamtgewichte werden daher künftig fallen (ceteris paribus, d. h. kein weiteres Wachstum der mittleren Fahrzeuggröße unterstellt).[63] Die Technologien zur Senkung der Fahrzeugmasse sind vielfältig. Sie gehen von der Verwendung neuartiger hoch- und höchstfester Stähle in speziell angepassten Konstruktionen, über die Substitution durch Leichtbaumaterialien (Aluminium, Magnesium, verstärkte Kunststoffe) bis zur Reduktion von Leitungsquerschnitten ermöglicht durch die 42 V-Technik.

4.3.4.2.3 Zusätzliche technische Potenziale?

Es wird immer wieder über Möglichkeiten berichtet, für Pkw noch wesentlich über die oben geschriebenen Entwicklungen hinaus gehende Verbrauchsminderungen zu erzielen. Für Nutzfahrzeuge, Schienenfahrzeuge, Flugzeuge und Schiffe liegen vergleichbare Darstellungen nicht vor; grundsätzlich sind die Gedanken aber übertragbar. Lovins[64] geht davon aus, dass die Masse eines amerikanischen Mittelklassefahrzeugs von ca. 1 600 kg durch Einsatz von kohlefaserverstärkten Werkstoffen unter 600 kg reduziert werden kann. Unter extremen Annahmen zum Luft- und Rollwiderstand sowie mittels angenommener Rückspeisung von Bremsenergie errechnet er eine Verbesserung des Kraftstoffverbrauches um etwa den Faktor 10. Ein fahrfähiger Prototyp existiert nicht. Die US-Regierung hat 1993 ein groß angelegtes „Program for a New Generation of Vehicles“ initiiert, das bei weitem nicht so anspruchsvolle Ziele anstrebte; es wurde im Februar 2002 abgebrochen.

Ähnliche Ansätze in der Schweiz (Horlacher, Isoro) haben zu interessanten Prototypen geführt, aber – überwiegend aus fertigungstechnischen Gründen – selbst in kleinsten Stückzahlen keinen Weg in die Serienproduktion gefunden. In der Automobilindustrie wurden und werden Ansätze zu „radikalem“ Leichtbau seit längerem verfolgt. Neben extremen Sportwagen ist hier der Bus Neoplan Metroliner in Carbondesign zu nennen, der erstmalig fast

PNGV

Das „Program for a New Generation of Vehicles“ wurde im September 1993 der Öffentlichkeit vorgestellt. Unter Beteiligung der Automobilindustrie (Chrysler, Ford, General Motors) und vieler, teilweise zuvor militärisch orientierter Großforschungseinrichtungen wurde mit den Zielen gearbeitet:

- Alle Funktionen einer typischen US-Limousine müssen erfüllt werden (6 Sitzplätze); als Maßstab wurden die Modelle Chrysler Concord, Ford Taurus und Chevrolet Lumina des Jahrgangs 1995 zugrunde gelegt.
- Schwingungs- und Akustikkomfort, Komfortzubehör (Klimaanlage, Audioanlage, ...) entsprechend heutigen US-Limousinen
- Beschleunigung von 0 auf 60 mph unter 12 s
- Aktive Sicherheit auf dem Niveau heutiger US-Limousinen; Erfüllung aller Standards für passive Sicherheit
- Verbrauch besser als 80 mpg (2,9 l/100 km) oder 0,94 MJ/km
- Reichweite im combined cycle besser als 610 km
- Emissionen nicht höher als: HC 0,125 g/mile, CO 1,7 g/mile, NO_x 0,2 g/mile
- Lebensdauer > 160 000 km bei Serviceaufwendungen gleich oder besser heutigen US-Limousinen; Rezyklierbarkeit mindestens 80 %
- Anschaffungs- und Unterhaltskosten nicht höher als heute
- Realisierung „production prototypes“ durch jeden der „Großen Drei“ bis 2005

Es wurden zahlreiche Techniken aus der Luft- und Raumfahrt auf ihre Eignung für massenproduzierte Kfz untersucht. Besonderes Augenmerk fanden Hybridantriebe unterschiedlicher Form, kleine Gasturbinen, Schwungradspeicher, Leichtbautechniken, ...

Das PNGV-Programm hatte für die Jahre 1994–96 ein Volumen von 933 Mio. US-$

Quellen: Automotive Engineering, Jan. 1996, S. 39–43; EU-Kommission SEK(96) 501; Ratsdok. 6022/96

[63] Diese Annahme ist für die USA nicht zutreffend; dort findet seit langem eine Verschiebung von der Limousine zu Light Trucks statt.

[64] Lovins, 1996.

vollständig aus Kunststoffverbundmaterialien hergestellt wurde; die Produktion wurde inzwischen wieder eingestellt. Von BMW und VW ist bekannt, dass intensiv an der serientauglichen Umsetzung von CFK-Strukturen gearbeitet wird. VW hat gerade (15. April 2002) ein „1-Liter-Auto“ als Zweisitzer in Tandemanordnung öffentlich vorgestellt, das unter Nutzung aller Möglichkeiten des Leichtbaus realisiert wurde.

4.3.4.2.4 Zusammenfassung der technischen Möglichkeiten

Generell sind erhebliche Entwicklungsanstrengungen erforderlich, um die an Labormustern erprobten Einzeltechnologien als großserientaugliche Gebrauchsgüter mit langfristig garantierbarer Funktion umzusetzen. Die Durchdringung der industriellen Produktion mit diesen neuen Technologien erfolgt heute mit einer Geschwindigkeit von ca. 2 bis 3 % Verbesserung pro Jahr. Sie wird kaum wesentlich und dauerhaft zu steigern sein. In der Summe werden die genannten Maßnahmen es der Pkw-Industrie ermöglichen, die Selbstverpflichtung des ACEA gegenüber der Europäischen Union einzuhalten (siehe Bild 15).

Neue, verbrauchssenkende Technologien sind in der Regel deutlich aufwändiger als konventionellere Lösungen. Für einen ökonomisch rechnenden Pkw-Kunden lohnt sich eine Mehrinvestition in ein Fahrzeug, das einen um 1 l/100 km verminderten Kraftstoffverbrauch hat, nur bis zu einer Grenze von ca. 1 000 €. Die Umsetzbarkeit verbrauchssenkender Maßnahmen wird also mehr durch wirtschaftliche Aspekte als durch technische Grenzen eingeschränkt. Es könnte im gemeinsamen Interesse der Industrie, der Fahrzeugnutzer und der Klimapolitik liegen, durch geeignete Rahmensetzungen die Grenze zu verschieben, bis zu der sich die Substitution von Kraftstoffverbrauch durch aufwändigere Technik lohnt. Die heutige Ökosteuer ist dazu ungeeignet, weil sie den Verbrauchern genau die Mittel entzieht, die für den Kauf sparsamerer Fahrzeuge erforderlich wären.

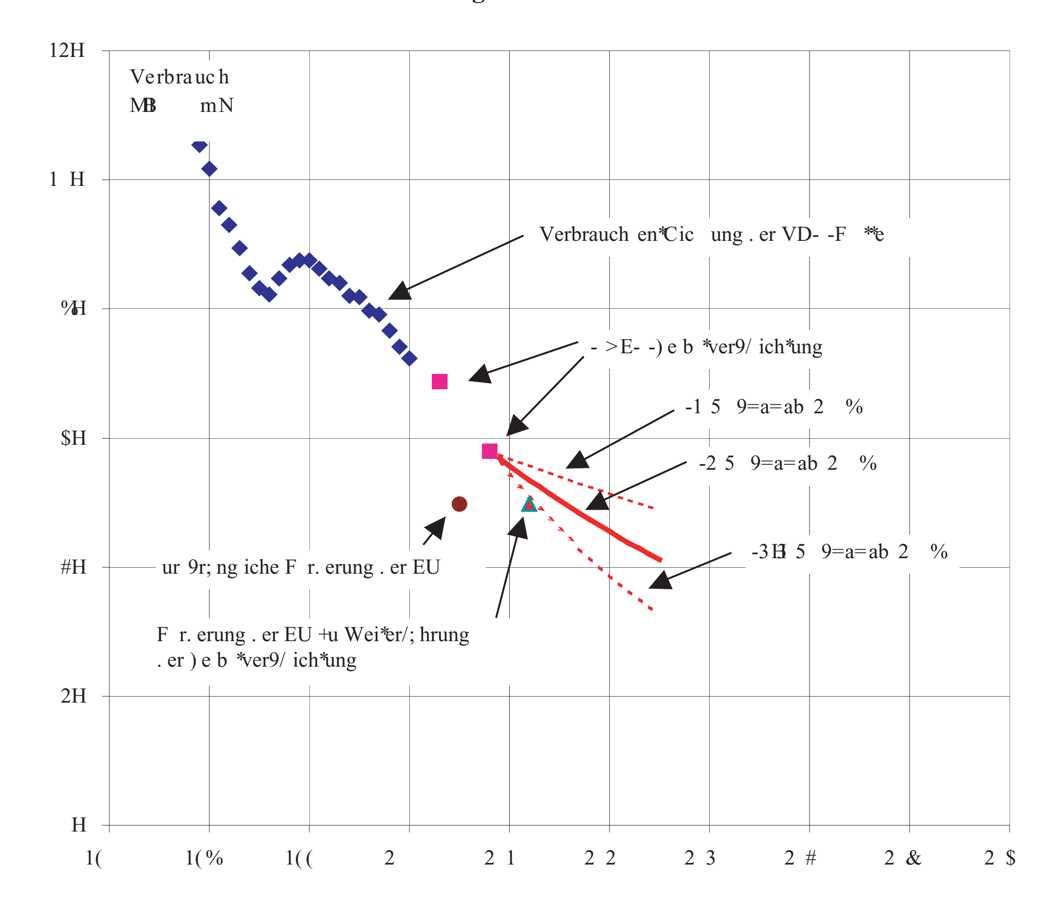
4.3.4.3 Neue Antriebe und neue Treibstoffe

4.3.4.3.1 Otto- und Dieselkraftstoffe

Kraftstoffe (und Schmiermittel) und Motoren haben eine lange Geschichte einer parallelen Entwicklung hinter sich. Für viele der oben skizzierten Innovationen bei Diesel- und Ottomotoren sind weitere Verbesserungen erforder-

Bild 15

Historische Entwicklung der Flottenverbräuche für die jährlich neu zugelassenen Pkw in Deutschland, Zusagen des ACEA gegenüber der EU und mögliche Fortschreibungen für die Zeit nach 2008



lich. Im Rahmen von großen gemeinsamen Forschungsprogrammen (Auto Oil I und II) haben die Automobilindustrie und die Mineralölwirtschaft die Grundlagen dafür geschaffen.[65] Noch weitergehende Forderungen wurden seitens der Fahrzeugindustrie in der World Fuel Charta definiert. Künftige Vereinbarungen werden über die umweltverträgliche Adaption von Kraftstoffen hinaus die Sicherstellung der Verfügbarkeit von neuen Kraftstoffen betreffen, die für neue Brennverfahren bzw. Wandlertechnologien benötigt werden. Weit fortgeschritten sind die Überlegungen zu Erdgas, Methanol und Wasserstoff.

Der Verkehrsbereich ist heute nahezu vollständig abhängig von nur einem Rohstoff, dem Mineralöl. Es gestattet mit relativ geringem Aufwand die Gewinnung der Endenergieträger Kerosin, Benzin und Diesel. Eine physische Verknappung des Rohöls ist nicht absehbar, eine politisch verursachte ist zeitweilig – für Monate – möglich. Zudem sind Preisrisiken wahrscheinlich; sie wirken sich aber auf den Tankstellenpreis wegen der hohen Steuerbelastung nur im Bereich von < 10 c€ aus.

Grundsätzlich sind auch viele andere Primärenergieträger bzw. Quellen für den Kohlenstoff und den Wasserstoff möglich, aus denen wiederum die bekannten Endenergieträger Kerosin, Benzin und Diesel synthetisiert werden können. Darunter sind Kohle, Erdgas, Biomasse, regenerative oder Kernenergie plus wasser- und kohlenstoffhaltige Materialien.[66] Die CO_2-Problematik kann gelöst werden, wenn auf nicht-fossilen Kohlenstoff umgestellt wird. Synthetisch erzeugte Kraftstoffe unterscheiden sich grundsätzlich nicht von denen, die aus Erdöl hergestellt werden. Eine solche Strategie gestattet es daher, ohne Systembruch mit frei wählbarer Geschwindigkeit von einer rein auf Erdöl basierenden Kraftstoffversorgung auf eine davon völlig unabhängige überzugehen und erfordert keine wesentlichen Sprunginvestitionen. Synthetische Kraftstoffe können zudem qualitativ so verbessert werden, dass weitere Optimierungsspielräume bei der Motorenentwicklung entstehen.

4.3.4.3.2 Alternative Kohlenwasserstoffe

Neben den konventionellen Kraftstoffen kommt eine große Zahl anderer Kohlenwasserstoffe und auch anderer chemischer Verbindungen als Kraftstoffe in Frage. Eine Auswahl bilden Methanol, Erdgas, LPG, Pflanzenölester, Ethanol und Wasserstoff.

Die Eignung als Kraftstoff für Ottomotoren ist für Methanol in verschiedenen Untersuchungen nachgewiesen worden (u. a. Großversuch in Berlin 1984 bis 89, gefördert durch den BMFT). Methanol kann relativ einfach aus Synthesegas erzeugt werden, das seinerseits aus einer Vielzahl von Rohstoffen gewonnen wird. Unter anderem sind großtechnische Prozesse für Kohle, Rohöl, Erdgas und verschiedene Formen von Biomasse erprobt. Die Umweltbelastung hängt vom gewählten Weg ab; nur Biomasse erlaubt eine nahezu THG-freie Herstellung.[67] Die Kosten für Methanol liegen in der Regel deutlich über denen für Benzin; Ausnahmen sind dort möglich, wo sonst unverkäufliches Erdgas als Rohstoff dienen kann. Der Aufbau einer Methanol-Infrastruktur erscheint relativ einfach möglich. Allerdings ist es giftig. Zudem bestehen Grundwasserrisiken.

Erdgas ist ebenfalls ein ausgezeichneter Ottokraftstoff.[68] Es findet heute schon als Treibstoff Verwendung; dazu werden Benzinmotoren umgerüstet. Auf Erdgas optimierte Motoren sind aufwändiger, erlauben aber langfristig eine Minderung der CO_2-Emissionen aus dem Auspuff um bis zu 40 %. Gleichzeitig ist die Einhaltung extrem geringer Abgaswerte möglich. Zur Speicherung benötigt Erdgas allerdings – ähnlich wie Wasserstoff – Tieftemperatur- (– 161 °C) oder Hochdrucktanks. Der Energieaufwand für die Verflüssigung bzw. Kompression muss bei vergleichenden Bilanzen berücksichtigt werden. Die Markteinführung von Erdgas wird durch bis eine zum Jahr 2009 befristete Vergünstigung bei der Mineralölsteuer (bis auf 20 % des vergleichbaren Satzes für Benzin) unterstützt. Wegen des auch auf mittlere Sicht noch dünnen Tankstellennetzes und der Nachteile für das Fahrzeugkonzept wird Erdgas im Verkehrssektor auf einen relativ kleinen Teilmarkt beschränkt bleiben.

4.3.4.3.3 Biogene Kraftstoffe

Ethanol ist ebenfalls ein ausgezeichneter Ottokraftstoff. Es wird in den USA und in Brasilien in großem Umfang dem Benzin beigemischt bzw. in nahezu reiner Form (E95) verwendet. Ethanol wird aus Getreide, Zuckerrüben oder Zuckerrohr gewonnen. Die Produktion ist energieintensiv und in Europa teurer als die Methanolherstellung.

Pflanzenöle – in Europa überwiegend Rapsöl – können nur ganz bedingt, die Methylester von Pflanzenölen – RME – mit geringen Einschränkungen als Dieselkraftstoffe verwendet werden, wenn sie der Norm gerecht werden. Besondere Vorteile bietet die Verwendung von RME und gegebenenfalls auch reiner Pflanzenöle in Arbeitsmaschinen, die „in der freien Natur“ eingesetzt werden (Ackerschlepper, Baumaschinen, aber auch Binnenschiffe); allerdings wird gerade diese Anwendung durch die gegenwärtige Besteuerung entmutigt.

Für Biodiesel sprechen zumindest grundsätzlich die Unabhängigkeit vom Mineralölimport und die günstige CO_2-Bilanz. Allerdings kann in Deutschland nur ein Anteil in Höhe von rd. 6 % des deutschen Dieselkraftstoffverbrauches gewonnen werden. Beim herkömmlichen Anbau entstehen

[65] Für nahezu schwefelfreie Kraftstoffe ist eine europaweit flächendeckende Verfügbarkeit ab 2005 vorgeschrieben; in Deutschland wird eine frühere Einführung steuerlich gefördert.

[66] Für Details siehe Schindler, 1997

[67] Auch die Gewinnung von CO_2 aus der Luft zur Gewinnung von Methanol wäre möglich; dabei handelt es sich jedoch um eine Laborkuriosität, die einen grundsätzlichen Gedanken deutlich macht: Wir sind nicht auf fossilen Kohlenstoff für die Gewinnung von Kraftstoffen angewiesen.

[68] Liquified Petroleum Gas (LPG), ein Gemisch aus Propan und Butan, ist ebenfalls ein ausgezeichneter Ottokraftstoff; es steht aber in Deutschland nicht in ausreichenden Mengen zur Verfügung.

durch die Düngung erhebliche Mengen an klimarelevantem Lachgas. In einer Gesamtklimabilanz verringern sich dadurch die Vorteile von RME im Vergleich zu Diesel.[69]

Die EU-Kommission hat mit einem Richtlinienentwurf vom November 2001 die Absicht bekundet, Mindestanteile von Bio-Kraftstoffen an den Benzin- und Dieselmengen zu fordern; Ziel ist ein Anteil von 8 % im Jahr 2020 (23 % für die Biokraftstoffe, Erdgas und Wasserstoff zusammen). Die Besteuerung von Bio-Kraftstoffen soll grundsätzlich 50 % des Mineralölsatzes betragen. Angesichts der hohen Kosten für die Herstellung der biogenen Kraftstoffe (ca. 1 €/l unsubventionierte Vollkosten) führt dieser Vorschlag zu einer erheblichen Subventionierung des agar-industriellen Sektors durch Steuerverzichte, durch Agrarsubventionen und auf anderen Wegen. Dieser Ansatz ist daher nur dann sinnvoll, wenn außerhalb des Energie- und Verkehrssektors liegende politische Ziele angestrebt werden sollen;[70] dabei ist darauf zu achten, dass die Kosten angemessen zugeordnet werden.[71]

Eine andere Situation könnte sich ergeben, wenn aus Ländern mit hohem Biomassepotenzial und geringen Kosten biogene Kraftstoffe gebrauchsfertig eingeführt würden. Eine Konkurrenz zur Nahrungsproduktion scheint in vielen möglichen Anbauländern nicht zu bestehen.

4.3.4.3.4 Wasserstoff als Kraftstoff für Verbrennungsmotoren und Brennstoffzellen

Neben den obigen Kraftstoffen wird vielfach Wasserstoff als langfristige Lösung für die Energieversorgung des Verkehrs diskutiert. Wasserstoff ist ein sehr guter, extrem sauber verbrennender Ottokraftstoff und der derzeit einzige praktikable Energieträger für mobile Brennstoffzellen (BZ).[72]

Der Wasserstoff muss entweder im Fahrzeug mitgeführt werden (Speicherung mit akzeptablen Energiedichten nur tiefkalt bei –253 °C, 18 ° über dem absoluten Nullpunkt oder bei sehr hohen Drücken (300 bar oder mehr; 700 bar werden angestrebt)) oder an Bord aus wasserstoffhaltigen Stoffen erzeugt werden. Beide Gruppen von Techniken sind komplex und bisher nicht serientauglich entwickelt.

Für die Bewertung der mobilen Nutzung von Wasserstoff aus Sicht der THG-Emissionen ist die Bereitstellung entscheidend. Grundsätzlich sind folgende Wege praktikabel:[73]

– Elektrolyse von Wasser,

– Vergasung von Kohlenwasserstoffen.

In beiden Fällen hängt die THG-Bilanz davon ab, aus welcher Primärenergie der Strom hergestellt wird bzw. welche Kohlenwasserstoffe vergast werden. Die heute kostengünstigsten Verfahren beruhen auf der Vergasung von Öl bzw. Erdgas mit Wasserdampf (Steam Reforming). Der Kohlenstoff in den Ausgangsstoffen wird als CO_2 freigesetzt. Elektrolyseverfahren benötigen viel Strom.

Für den Einsatz von Wasserstoff im Verkehrssektor wäre der Aufbau einer vollständig neuen Betankungs- und Versorgungsinfrastruktur notwendig Aus heutiger Sicht stellen sich keine unlösbaren technischen Probleme, es entstehen jedoch erhebliche Kostenbelastungen.

Seit einigen Jahren wird die Brennstoffzelle (BZ) als neue Antriebsmöglichkeit für Fahrzeuge diskutiert. Sie bietet das Potenzial, erheblich niedrigere Verbräuche zu realisieren als es heute mit konventionellen Motoren möglich ist. Unter Berücksichtigung der Vorleistungskette haben sie jedoch gegenüber optimierten herkömmlichen Fahrzeugen nicht zwangsläufig Vorteile hinsichtlich des Primärenergieverbrauchs und der CO_2-Emissionen.[74] Bislang ist eine Reihe von Versuchs-Demonstrationsfahrzeugen in Betrieb; erste Kleinst-Serienproduktionen sind von verschiedenen Herstellern für die nahe Zukunft angekündigt; die US-Regierung will die Entwicklung der BZ in ihrem Anfang 2002 verkündeten FreedomCAR-Projekt massiv fördern.

Die Nutzung von Wasserstoff als Kraftstoff für Ottomotoren ist über mehrere Fahrzeuggenerationen hinweg in vielen Einzelheiten entwickelt worden. Es lassen sich extrem niedrige Schadstoffemissionen realisieren. BMW hat die Serienentwicklung eines entsprechenden Produktes angekündigt.

4.3.4.3.5 Die Verkehrswirtschaftliche Energiestrategie VES

Automobilindustrie und Energieunternehmen haben gemeinsam mit der Bundesregierung 1999 eine Gruppe gebildet, die sich der Identifizierung und Bewertung von Treibstoffoptionen systematisch annimmt.[75] Von den zunächst 70 betrachteten Energieträgern hat die VES neben den klassischen Treibstoffen Benzin und Diesel vor allem drei Optionen herausgearbeitet. Neben Erdgas für eine Übergangsphase sind dies Wasserstoff und Metha-

[69] Man kann vermuten, dass in Zukunft viele der Einschränkungen, die heute in Bezug auf Verfügbarkeit und Umweltauswirkungen biogener Energieträger gemacht werden müssen, durch neue Entwicklungen wie „Präzisionslandwirtschaft“ und „grüne Gentechnik“ gelöst werden können.

[70] Zum Beispiel im Zusammenhang mit einer Agrarpolitik, die den ostmitteleuropäischen Beitrittsstaaten gerecht werden muss.

[71] KOM(2001) 54/endgültig.

[72] An der Direkt-Methanol-BZ wird gearbeitet; eine Umsetzung in Muster, die für den Betrieb eines Autos geeignet wäre, ist offenbar noch nicht gelungen.

[73] Grundsätzlich gibt es eine große Zahl weiterer Prozesse, die aber aus praktischen oder politischen Gründen in Deutschland nicht in Betracht kommen. So beruhen thermochemische Verfahren auf der Nutzung von nuklearer Hochtemperaturwärme. Biologische Verfahren haben viel zu kleine Ausbeuten; es ist unklar, ob sie sich z. B. durch Genmanipulation geeigneter Organismen ausreichend steigern lassen (für Details siehe Schindler, 1997).

[74] Kolke, 1999.

[75] VES 2000.

nol. Langfristig habe Wasserstoff die besten Chancen, sofern es gelinge, ihn auf der Basis erneuerbarer Energien bereitzustellen und eine entsprechende Infrastruktur aufzubauen. Methanol werden Vorteile bei den Nutzfahrzeugen zugeschrieben.

4.3.4.3.6 Bewertung der alternativen Kraftstoffe

Zahlreiche Analysen und praktische Erfahrungen zeigen, dass Alternativen zu den heutigen Kraftstoffen für den mobilen Einsatz möglich und machbar sind. In ihrer Auswirkung auf die THG-Bilanz werden sie vor allem durch die Umwandlungsketten bei ihrer Erzeugung bestimmt. Besondere Vorteile ergeben sich dann, wenn nichtfossile Energien eingesetzt werden können. Bei Betrachtung des gesamten Energiesystems erscheint es jedoch häufig sinnvoller, diese Energien in stationären Anlagen zu nutzen, da hiermit keine neuen anwendungstechnischen Probleme verbunden sind und zudem eine größere CO_2-Minderungswirkung erzielt werden kann. Dies gilt insbesondere für Strom, aber auch für Erdgas und Wasserstoff. Auf diese Weise können flüssige Kohlewasserstoffe in stationären Anwendungen substituiert und damit für den mobilen Sektor verfügbar gemacht werden. Bei gleicher oder höherer THG-Minderung wäre mit deutlich geringeren volkswirtschaftlichen Kosten zu rechnen.

Voraussetzung für ein solches Vorgehen ist die Setzung von Kostensignalen durch den (Steuer-) Gesetzgeber, die sich stärker als bisher an den tatsächlichen Umweltauswirkungen orientieren, ohne dass das Gesamtaufkommen erhöht wird. Dies würde unter anderem die allmähliche Anpassung der Steuersätze für alle fossilen Energieträger in der Form bedeuten, dass die Freisetzung von THG in jeder Anwendung gleich behandelt wird. Die extrem unterschiedlichen Besteuerungen von Benzin, Diesel, Heizöl, Erdgas und Kohle müssten also harmonisiert werden.

4.3.5 Nutzen und Kosten des Verkehrs

Der Verkehr bringt für die unmittelbar Betroffenen einen Nutzen, der höher ist als die Kostenbelastung durch den Transport; wäre es anders, würde er unterbleiben. Es entstehen jedoch – wie bei vielen anderen Tätigkeiten – auch Nebeneffekte, die nicht im einzelwirtschaftlichen Kalkül oder in der privaten Kosten-Nutzen-Betrachtung berücksichtigt sind. Um die Wirksamkeit marktwirtschaftlicher Such- und Optimierungsprozesse auch dafür wirksam werden zu lassen, müssten alle externen Kosten und Nutzen „internalisiert werden“. Typische externe Kosten sind

– Auswirkungen von Emissionen auf das Wohlbefinden und die Gesundheit unbeteiligter Dritter,

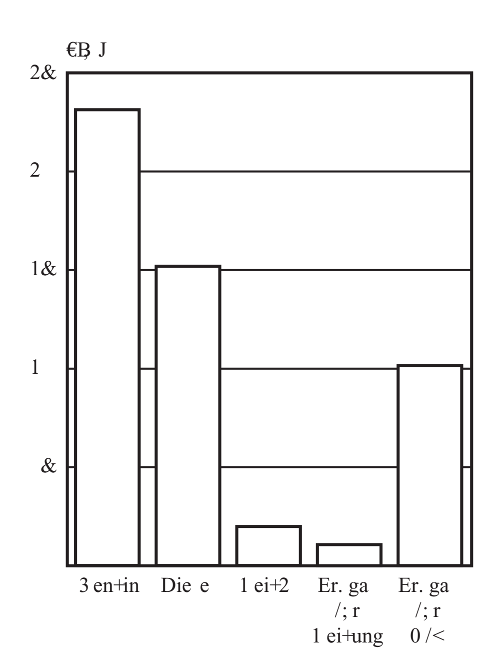
– Auswirkungen auf Güter unbeteiligter Dritter,

– Auswirkungen auf die Umwelt inkl. des Klimas.

Zu den externen Nutzen kann man den Gewinn an Wohlstand und Wohlfühlen sowie an persönlicher Sicherheit rechnen, der sich aus der leichteren Möglichkeit zum Überwinden von Distanzen mit Personen, Gütern und Hilfsdiensten ergibt. Die arbeitsteilige Wirtschaft mit ihren Effizienzverbesserungen kann nur auf der Basis von Verkehrssystemen existieren.

Bild 16

Besteuerung unterschiedlicher Energieträger bezogen auf den Energiegehalt und auf die freigesetzte Menge an CO_2



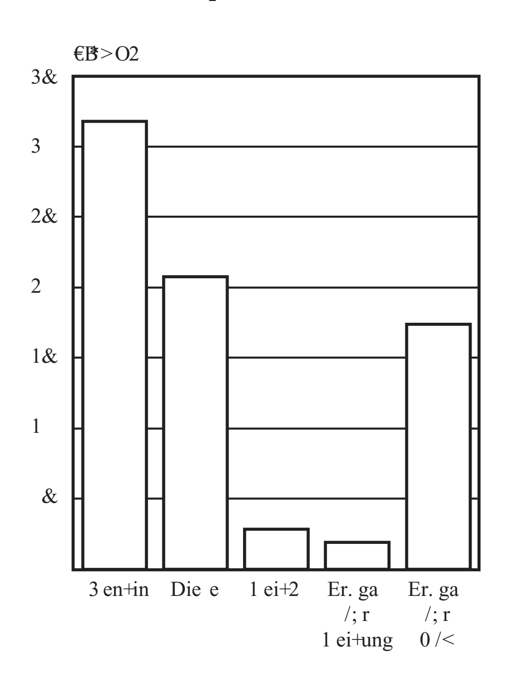
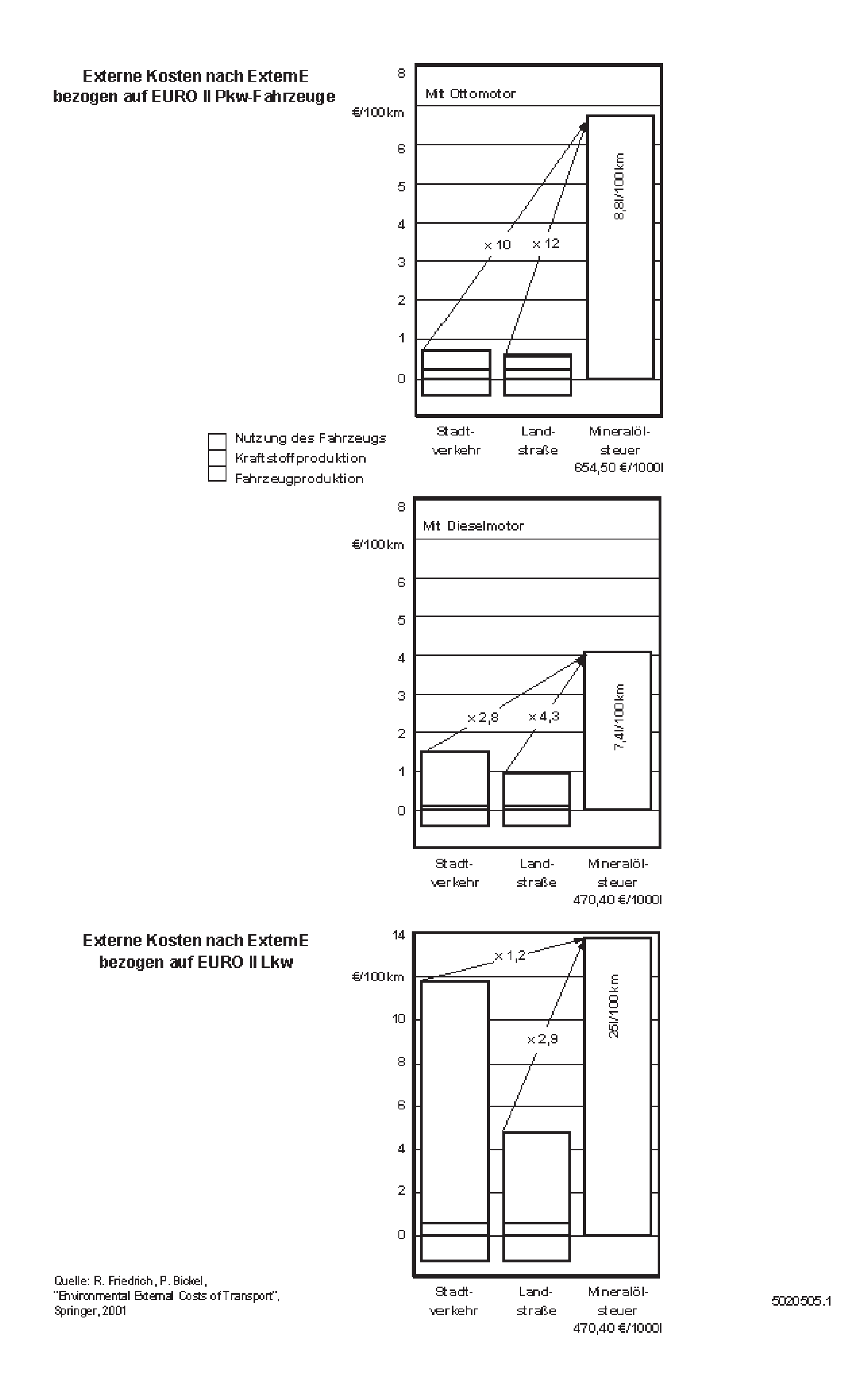


Bild 17

Externe Umweltkosten für Pkw und Lkw nach ExternE im Vergleich zur Mineralölsteuer (niedrigster Steuersatz für schwefelfreie Kraftstoffe)[76]



[76] Friedrich, Bickel 2001.

Bezüglich der externen Nutzen gibt es einen Streit um die Frage, ob sie in den einzelwirtschaftlichen Kalkülen schon vollständig abgebildet sind oder nicht. Die Bestimmung des Umfangs von externen Kosten ist vielfach versucht worden. Während die Ermittlung von emittierten Mengen von Schadstoffen noch relativ einfach erscheint, stößt man bei deren Bewertung an die Grenzen des naturwissenschaftlich-technischen Verständnisses. Dosis-Wirkungsbeziehungen sind in den wenigsten Fällen für die relevanten, sehr niedrigen Immissionen genau genug bekannt. Über die Wechselwirkung von Belastungen unterschiedlicher Art besteht große Unsicherheit. Die monetäre Bewertung der Schäden ist schwierig. Die Kosten für die Beseitigung von Schäden, die durch die Freisetzung von THG verursacht werden, sind schwer zu schätzen. So kommt es, dass die Kostenangaben beträchtlich auseinander gehen. Hinzu kommt, dass sich die Höhe der Emissionen mit verschärften Vorschriften bezüglich der Abgastechnik erheblich verringern. Es ist also nur unter vielen Einschränkungen möglich, sinnvolle Schätzungen zu den Kosten externer Effekte des Verkehrs zu machen. Die umfassendste Studie dazu wurde unter dem Kurzzeichen ExternE im Auftrag der EU durchgeführt. Eine Auswertung für den Straßenverkehr zeigt, dass bereits heute[77]

– die externen Kosten für den Betrieb von Pkw von den Steuern auf die Kraftstoffe (Mineralölsteuer inkl. Ökosteuer plus Mehrwertsteuer auf die Mineralölsteuer) um den Faktor drei bis zehn übertroffen werden;

– Pkw mit Ottomotor nach heutigem Wissen um den Faktor zwei niedrigere externe Kosten aufweisen als Pkw mit Dieselmotor (jeweils gleiche Abgasstufe Euro II unterstellt);

– auch bei schweren Lkw die externen Umweltkosten über die Mineralölsteuer bereits internalisiert sind (hier wäre auch die erheblich stärkere Abnutzung der Straßen mit zu betrachten).

Selbst wenn man annimmt, dass die Kosten des Klimawandels sich in diesen Zahlen noch nicht angemessen ausdrücken, bleibt kein Raum für die Argumentation, im Interesse einen Internalisierung der externen Kosten für Umweltwirkungen sei eine Erhöhung der Mineralölsteuer (oder Ökosteuer) erforderlich. Zudem erscheint es auch nicht sinnvoll, alle externen Kosten über den Kraftstoffverbrauch zu internalisieren, da es offensichtlich einen erheblichen Unterschied macht, ob eine potentiell krankheitsverursachende Substanz in einer dicht besiedelten Stadt oder auf dem Land freigesetzt wird. Es erscheint jedoch im Interesse einer sinnvollen Allokation knapper volkswirtschaftlicher Ressourcen auf die kosteneffizientesten Wege zur Senkung der THG-Emissionen sinnvoll, die außerordentlich unterschiedlichen Steuersätze für Kraftstoffe und Brennstoffe langfristig aufkommensneutral anzugleichen.

4.3.6 Zusammenfassung

Die oben dargestellten Zusammenhängen erlauben folgende zusammenfassende Bewertung:

– Verkehr ist ein konstitutives Element unserer Gesellschafts- und Wirtschaftform. Er kann nicht ohne beträchtliche Rückwirkungen wesentlich beschränkt werden.

– Das Aufkommen an Verkehr wird weltweit weiter wachsen, wenn auch im MIV in Deutschland Sättigungstendenzen zu erkennen sind. Besondere Dynamik entfalten der Luftverkehr und der Straßengüterverkehr.

– Der Verkehr wird heute aus Kostengründen praktisch ausschließlich mit erdölstämmigen Kraftstoffen versorgt. Dies wird vermutlich auch für die nächsten Jahrzehnte überwiegend so bleiben.

– Die THG-Emissionen aus dem Verkehr steigen bei Fortschreibung der heutigen technischen Trends wegen erheblich effizienterer Fahr- und Flugzeuge und wegen verkehrsoptimierender Maßnahmen in Zukunft deutlich langsamer als das Verkehrsaufkommen; bezogen auf den MIV kommt es wahrscheinlich zu einem erheblichen Rückgang.

– Technisch ist es möglich, den Verkehr teilweise oder vollständig mit Kraftstoffen zu versorgen, bei deren Erzeugung und Nutzung kein fossiler Kohlenstoff freigesetzt wird. Bekannte Ansätze dafür sind regenerativ oder nuklear erzeugter Wasserstoff und biogene Kraftstoffe. Damit kann grundsätzlich bis 2050 jedes politisch gewollte THG-Ziel erreicht werden. Über die Zweckmäßigkeit einer solchen Politik müsste vor dem Hintergrund einer alle Verbrauchssektoren und alle Nachhaltigkeitsdimensionen betrachtenden Strategie entschieden werden.

– Wesentliche Änderungen im Verkehrssektor erfordern Vorlaufzeiten von 15 – 20 Jahren und binden ganz beträchtliche Ressourcen; Weichenstellungen sollten daher so erfolgen, dass sie weitgehend robust gegen Neueinschätzungen von Prioritäten aufgrund neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse oder politischer Bedingungen sind.

4.4 Bildung, Wissenschaft und Forschung – Das Fundament einer nachhaltigen Entwicklung

Nachhaltige Entwicklung basiert in entscheidendem Maße auf Bildung und der Fähigkeit zu lernen. Erst umfassende Kenntnisse über wirtschaftliche, ökologische und soziale Systeme und ihre Wechselwirkungen ermöglichen es, nachhaltige Entwicklung in ihrer Komplexität und Dynamik schrittweise zu verstehen, Risiken und Chancen zu erkennen und sie hinsichtlich ihrer Bedeutung für den Menschen zu bewerten und schließlich zu gestalten. Ein leistungsfähiges Schulsystem sowie international wettbewerbsfähige Universitäten und Forschungsinstitute sind dafür unverzichtbar.

Die sichere, ressourcenschonende und effiziente Versorgung mit Energie stellt eine grundlegende Voraussetzung für nachhaltige Entwicklung dar. Gegenwärtig ist diese Voraussetzung für viele Menschen nicht erfüllt (Fuel Poverty). Mit den heute zur Verfügung stehenden Strukturen

[77] Friedrich, Bickel 2001.

ist es nahezu unmöglich, alle lebenden Menschen ausreichend mit Energie zu versorgen. Dieses Problem wird sich in Zukunft durch eine weiter anwachsende Weltbevölkerung und wirtschaftliche Entwicklung gerade in den Entwicklungs- und Schwellenländern noch verschärfen. Nur eine systematische, umfassende und langfristig angelegte Energieforschung kann die notwendigen Voraussetzungen dafür schaffen, dass die zukünftige Energienachfrage – in welcher Höhe auch immer – befriedigt werden kann, ohne die weitere wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklung zu beinträchtigen oder die natürlichen Lebensgrundlagen gar zu zerstören.

Energieforschung ist eine zentrale Aufgabe von Wirtschaft und Wissenschaft. Während die Wirtschaft Forschung eher im Sinne von Produktentwicklung beginnend beim Prototypen betreibt, übernimmt die Wissenschaft eher die Entwicklung von Grundlagen und Verfahren bis hin zum Prototypen. Diese Aufgabenteilung führt aber nur in dem Maße zu Innovation, wie es gelingt, Technologie- und Know-how-Transfer zwischen beiden Bereichen zu organisieren. Energieforschung hat sich zu einem ausgesprochenen Hochtechnologiebereich entwickelt, der hinsichtlich seines wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Potenzials gleichwertig neben Informations- und Kommunikationstechnik und Biotechnologie steht.

Eine Aufgabe der Politik besteht darin, geeignete Rahmenbedingungen für eine innovative Energieforschung zu schaffen. Hierzu gehören eine an den Zielen orientierte angemessene finanzielle Ausstattung, die Organisation der mit öffentlichen Mitteln geförderten Forschung sowie geeignete Instrumente zu ihrer Erfolgskontrolle.

Die Aufwendungen des Bundes für Energieforschung und Energietechnologie sind im langfristigen Trend rückläufig. Der Faktenbericht Forschung 2002 des Bundesministeriums für Bildung und Forschung weist für das Jahr 2002 ein Niveau von 590 Mio. € aus. Der Wissenschaftsrat hat bereits 1999 in seiner Stellungnahme zur Energieforschung darauf hingewiesen, dass er dieses Niveau für zu niedrig hält und kurzfristig eine deutliche Steigerung empfohlen.

Die inhaltlichen Schwerpunkte der Förderung liegen auf erneuerbaren Energien und Rationelle Energieverwendung (161 Mio. €), Kernfusionsforschung (113 Mio. €), nukleare Energieforschung einschl. Entsorgung (306 Mio. €) sowie auf Kohle und andere fossile Energieträger (10 Mio. €). Hinzu kommen Aufwendungen der Länder und der Wirtschaft.

Ziele und Schwerpunkte von Energieforschung sind in einem demokratisch legitimierten und kooperativen Verfahren festzulegen und in einem kontinuierlichen Prozess weiterzuentwickeln. Richtungsweisend für einen derartigen politischen Prozess sind die vom Wissenschaftsrat ausgesprochenen Empfehlungen

– Energieversorgung sichern,
– Umweltbelastungen reduzieren,
– Energie wirtschaftlich und nachhaltig bereitstellen,
– Energie haushälterisch nutzen,
– Energieoptionen öffnen.

Eine am Leitbild einer nachhaltigen Energieversorgung orientierte Energieforschung muss dabei eine angemessene Breite und Diversifizierung der Forschungs- und Entwicklungsfelder aufweisen, die alle Energiesysteme umfasst, die ein plausibles Potenzial für Wirtschaftlichkeit, Umwelt- und Klimaverträglichkeit haben.

Nationale Prioritäten sind dabei auf EU-Ebene (Rahmenprogramme) abzugleichen und in Einzelfällen auch darüber hinausgehend mit internationalen Programmen zur Global Change und Energieforschung zu verzahnen.

Die politische Zuständigkeit für Energieforschung muss dort angesiedelt sein, wo auch die übrige öffentlich geförderte Forschung koordiniert wird. Nur diese enge Verbindung kann gewährleisten, dass andere Disziplinen schon auf Ebene der Koordination von Forschung und Energieforschung – und in umgekehrter Richtung natürlich auch – von einander profitieren können.

Forschungspolitisch ist streng zwischen Forschungsprogrammen und Markteinführungsprogrammen zu unterscheiden. Forschungsprogramme dienen der Entwicklung neuer oder der Verbesserung existierender Methoden, Verfahren und Techniken. Ihr Ziel besteht darin, Spielräume und Optionen für nachhaltige Entwicklung durch Erkenntnisgewinn zu erweitern und zur Beseitigung von Hemmnissen, die einer nachhaltigen Entwicklung entgegenstehen, beizutragen.

Markteinführungsprogramme sind zeitlich befristet und degressiv zu gestalten. Sie machen nur Sinn, wenn das Ziel der Wettbewerbsfähigkeit der geförderten Technologien im Rahmen der Programmmittel und befristeten Förderzeiträume auch erreichbar ist. Markteinführungsprogramme für unterschiedliche Verfahren, die letztendlich zu einer identischen oder ähnlichen Energiedienstleistung führen, müssen vorab hinsichtlich ihres voraussichtlichen Beitrags zur nachhaltigen Entwicklung im Energiebereich bewertet werden. Bei neuen Techniken und Verfahren, die einerseits über ein großes technisches Potenzial verfügen, andererseits aber durch einen noch anhaltend hohen Bedarf an F u. E-Mitteln gekennzeichnet sind, besteht die Gefahr, zu früh Einführungsprogramme zu starten und damit falsche Erwartungen zu wecken. Einführungsprogramme sind hinsichtlich ihres Ergebnisses zu evaluieren; die Resultate sind zu veröffentlichen.

Energieforschung muss das gesamte Energiesystem mit allen Optionen von der Versorgung mit Rohstoffen über die Umwandlung, den Transport und die Verteilung bis zur Dienstleistung in den Endverbrauchssektoren einschließlich der Entsorgung der Rückstände aus Umwandlungs- und Bereitstellungsprozessen abdecken. Grundlage bildet ein umfassendes Know-how über alle relevanten möglichen Prozesse der Energiewandlung, des Transports, der Bereitstellung und Anwendung von Energieträgern.

Die einzelnen Techniken sind hinsichtlich ihrer Bedeutung für nachhaltige Entwicklung mit geeigneten und ggf.

noch zu entwickelnden Kriterien, Indikatoren und Verfahren zu bewerten. Geeignet dafür erscheinen in jedem Fall der Beitrag zur Steigerung der Energieeffizienz, der Beitrag zur Kostensenkung in einem Energiesystem, aber auch die Auswirkungen auf die Binnenwirtschaft wie z. B. Effekte auf den Arbeitsmarkt.

Den Kosten – und zwar den volkswirtschaftlichen Kosten, die externe Effekte einschließlich Umweltfolgen mit erfassen – kommt eine besondere Bedeutung für die Bewertung von Energieträgern und Energietechnologien im Hinblick auf die Realisierung einer nachhaltigen Entwicklung zu.

Energieforschung hat eine zeitliche Dimension. Etablierte Techniken wie Kondensations- und Kernkraftwerke müssen weiterentwickelt werden. Hier geht es im wesentlichen um eine Verständigung darüber, wo die Grenze zwischen Industrie und öffentlich geförderter Forschung liegt. So haben selbst unter scharfen Auflagen für Klimaschutz moderne Kraftwerke auf Kohlebasis ein Potenzial, wenn die Abtrennung und Deponierung von Kohlendioxid eine realisierbare Option darstellt. Dies gilt es zu untersuchen. Da außerdem in vielen Ländern auf absehbare Zeit die fossilen Energieträger Kohle, Erdöl und Erdgas ein Pfeiler der Energieversorgung bleiben werden, ist mit Blick auf nachhaltige Entwicklung Forschung in diesem Gebiet unabdingbar.

Die Nutzung erneuerbarer Energiequellen ist gegenüber fossilen Energieträgern oder Kernenergie im Bereich Strom und Niedertemperaturwärme noch nicht wirtschaftlich. In Anbetracht des großen technischen Potenzials und der bisherigen Fortschritte bei der Kostensenkung wie z. B. bei der Nutzung der Windenergie dürfen aber die Anstrengungen bezüglich Forschung und Entwicklung nicht nachlassen. Im Zusammenhang mit fluktuierenden erneuerbaren Energiequellen sind Fragen der Speicherung und der Regelung großer Netze zu untersuchen. Energieforschung, insbesondere in den Industrieländern, muss sich auch den lediglich langfristig erschließbaren Optionen wie beispielsweise der Fusion widmen. Hier geht es darum, die prinzipiellen technologischen Voraussetzungen für eine zukünftige Nutzung zu schaffen.

Ebenfalls eher langfristigen Charakter haben Überlegungen zu einer alternativen auf dem Sekundärenergieträger Wasserstoff basierenden Infrastruktur. Im Zusammenhang mit einer zukünftig verstärkten Nutzung regenerativer Energien werden dezentralere Energieversorgungsstrukturen propagiert. Die fachlichen Grundlagen, insbesondere aber die Voraussetzungen für eine breite Umsetzung, sind für beide Ansätze noch nicht ausreichend untersucht. Eine politische Weichenstellung wäre demnach verfrüht.

Fortschritte in der Energieforschung basieren sehr oft auf Resultaten anderer Disziplinen. Für die Energieforschung sind die Materialwissenschaften von aller größter Bedeutung. Neue oder weiterentwickelte Materialien bilden die Grundlage für technischen Fortschritt bei den etablierten Techniken wie z. B. bei Gas- und Dampfturbinen.

Alternative Techniken, die noch nicht den Reifegrad ihrer bereits etablierten Konkurrenten erreicht haben, sind ebenfalls auf Fortschritte in anderen Disziplinen angewiesen. Beispiele hierfür sind Brennstoffzelle und Photovoltaik. Nur wenn es gelingt, die Herstellungskosten deutlich zu senken, besitzen diese Optionen ein signifikantes wirtschaftliches Potenzial. Neben der Materialforschung sind hier auch weitere Fortschritte in der Verfahrenstechnik erforderlich.

Die Computational Sciences ermöglichen die computerbasierte Entwicklung virtueller Prototypen und virtueller Demo-Anlagen. Sie bieten die Werkzeuge, Forschung und Entwicklung drastisch zu beschleunigen.

Umwelt- und Klimaforschung liefern wesentliche Randbedingungen für eine zukünftige Energieversorgung. Die Begrenzung und Rückführung von energiebedingten Umweltbelastungen auf ein Maß, das die Regenerations- und Assimilationsfähigkeit der natürlichen Stoffkreisläufe nicht übersteigt, sowie die Verringerung von anderen ökologischen Gefährdungspotenzialen stellt eine der zentralen Herausforderungen auf dem Weg zur nachhaltigen Entwicklung dar. Dazu müssen die verschiedenen Möglichkeiten der Energieversorgung auf ihre ökologischen Folgen und Gefahrenpotenziale hin untersucht werden, damit sie auch in Kenntnis ihrer Umweltfolgen ausgewählt und genutzt werden können.

Energieforschung wird fast ausschließlich als naturwissenschaftlich-technische Forschung betrieben. Dies wird den verschiedenen Dimensionen des Energieproblems nicht gerecht. Energiesysteme und andere technische Systeme sind eingebettet in Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft zu betrachten. Dazu müssen wirtschafts- und sozialwissenschaftliche, geisteswissenschaftlich und ökologische Aspekte im Sinne einer interdisziplinären Zusammenarbeit stärker einbezogen werden als bisher. Dies ist beispielsweise unerlässlich für eine wissenschaftlich fundierte Technikfolgenabschätzung und Politikberatung. Die entsprechenden interdisziplinären Ansätze einer umfassenden systemaren Analyse sind weiter zu entwickeln.

Gut ausgebildeter wissenschaftlich qualifizierter Nachwuchs in ausreichendem Umfang wird auch künftig in allen Bereichen des Energiesektors einschließlich der Forschung benötigt. In der Vergangenheit wurde entsprechender Nachwuchs ausgebildet; aufgrund des starken Rückgangs der Anfängerzahlen in ingenieur- und naturwissenschaftlichen Studiengängen scheint dies jedoch in naher Zukunft nicht gesichert, so dass für diese Studiengänge im allgemeinen und die Energietechnik im speziellen schon in der Schule Interesse geweckt werden sollte. Die notwendige Konzentration und Schwerpunktbildung der universitären Energieforschung sollte genutzt werden, um die energietechnische Ausbildung den veränderten Anforderungen an eine zukunftsorientierte Ingenieurausbildung anzupassen.

Energieforschung muss vor einem internationalen Hintergrund gesehen werden. Sie ist auf lange Sicht nur dann erfolgreich, wenn sie im internationalen Vergleich bestehen kann.

Im Sinne von nachhaltiger Entwicklung sind in den sich entwickelnden Ländern und Schwellenländern die Möglichkeiten zu schaffen, um eigenständige (Energie-)Forschung vor Ort betreiben zu können. Voraussetzung hierfür ist ein Bildungssystem, das die Qualifikation geeigneter

Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen ermöglicht und fördert, aber in vielen dieser Länder noch nicht vorhanden ist. Dieses „capacity building“ ist von den Industrieländern zu fördern. Geeignete Netzwerke müssen hierzu ausgebaut bzw. geschaffen werden.

4.5 Zusammenfassung und Ausblick

Die vorangestellten Ausführungen zeigen die große Vielfalt und das umfangreiche Volumen der Potenziale zur Steigerung der Effizienz bei der Erzeugung und Bereitstellung von Endenergie. Sie werden ergänzt durch entsprechende Potenziale zur rationellen Energieverwendung in den Sektoren Industrie, Gewerbe, Haushalte, Dienstleistungen und Verkehr.

Dieses Spektrum von Potenzialen unterscheidet sich jedoch im Einzelnen zum Teil beträchtlich im Hinblick auf Faktoren wie technischer Entwicklungsstand, Wirtschaftlichkeit oder sonstige Hemmnisse, die einer Realisierung entgegenstehen. Kapital und Wissen werden in gleicher Weise benötigt, um die gewünschten oder erforderlichen Veränderungen anzustoßen. Offenkundige Hemmnisse und Restriktionen, die einer Nutzung dieser Potenziale entgegenstehen, sind sorgfältig zu analysieren und gegebenenfalls durch geeignete Maßnahmen zu beseitigen. Hierzu zählen unter anderem die fehlende technische Reife oder ausreichende Erfahrungen hinsichtlich der Verfügbarkeit, das Vorliegen ausgeprägter Zeitkonstanten, mangelnde Wirtschaftlichkeit, Finanzierungsengpässe, Informationsdefizite oder institutionelle Hemmnisse (vgl. Kap. 6).

Einzelne Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz stehen untereinander im Wettbewerb. Maßnahmen mit gleicher Wirkung auf Mensch und Umwelt können sich hinsichtlich der mit ihnen verbundenen Kosten stark unterscheiden. Hier hilft das Prinzip der Wirtschaftlichkeit, eine geeignete Auswahl zu treffen.

Mit Blick auf den Klimaschutz ist festzustellen, dass Potenziale zur Minderung von Treibhausgasemissionen sektorübergreifend bezüglich ihrer Kosten bewertet werden müssen. Dies kann dazu führen, dass die einzelnen Sektoren unterschiedlich stark belastet werden. Nicht außer Betracht gelassen werden darf, dass der Kioto-Prozess darüber hinaus die Möglichkeit bietet, kostengünstigere Potenziale in anderen Ländern zuerst zu erschließen.

In Anbetracht der Komplexität des Problems, Potenziale im Kontext nachhaltiger Entwicklung zu bewerten, stellen Szenarien gestützte Analysen häufig die einzige Möglichkeit dar, politischen Entscheidungsprozessen eine rationale Grundlage zu geben (vgl. Kap. 5).

5. Szenariogestützte Analysen – ein Hilfsmittel zur Fundierung einer auf Nachhaltigkeit ausgerichteten Energiepolitik

5.1 Was sollen und können Szenarien zur Energiepolitikgestaltung beitragen?

Das heutige Energiesystem der Bundesrepublik Deutschland hat sich über einen langen Zeitraum in einem ständigen Wandlungsprozess entwickelt. Es ist das Ergebnis von Entwicklungen außerhalb der eigentlichen Energieversorgung und außerhalb Deutschlands, von technologischen Fortschritten und energiewirtschaftlichen Potenzialen der verschiedenen Energieträgern, des wirtschaftlichen Ordnungsrahmens aber insbesondere auch von Maßnahmen, Eingriffen und Entscheidungen, die von der Politik, der Wirtschaft und den Bürgern als Konsumenten getroffen wurden. Dies wird auch in Zukunft so sein.

Um vor dem Hintergrund dieses komplexen Beziehungsgeflechtes und der Unsicherheit bezüglich wesentlicher Determinanten der Entwicklung des Energiesystems Orientierungen für die nachhaltige Gestaltung der Energieversorgung in der Zukunft zu gewinnen, bedarf es belastbarer Informationen über die potentiellen zukünftigen Entwicklungen der Energieversorgung sowie über die Wirkungen von energiepolitischen Entscheidungen und Maßnahmen, von technologischen Entwicklungen und von Veränderungen der nationalen und internationalen Umfeldbedingungen. Szenarien der Entwicklung der Energieversorgung sollen diese Informationen bereitstellen und damit zur Fundierung energiepolitischer Entscheidungen und Strategien beitragen.

Das Konzept der szenariogestützten Analyse basiert auf der Erfahrung und Hypothese, dass Zukunftsentwicklungen nicht voraussagbar sind und sich auch nicht zwangsläufig ergeben, sondern zu einem großen Teil Ergebnis gestaltender Eingriffe – auch unterlassener Eingriffe – durch die jeweils Handelnden sind. Szenarien sind in diesem Sinne fiktive Zukunftsentwürfe, die eine Entwicklung beschreiben, die sich bei Ergreifen bestimmter Maßnahmen und bei Vorgabe gewisser Rahmenannahmen als Folge dieser Maßnahmen einstellen kann. Dabei soll weder die Vergangenheit fort-, noch die Zukunft normativ festgeschrieben werden, sondern unter Berücksichtigung der vielfältigen Unsicherheiten werden mögliche Zukünfte der Energiesysteme analysiert, um Handlungsnotwendigkeiten abzuleiten, Gestaltungsspielräume aufzuzeigen und Handlungswirkungen möglichst umfassend im Hinblick auf die energiepolitischen Ziele zu explizieren, um gegebenenfalls auch bestehende Zielkonflikte aufzuzeigen.

Angesichts der Vielfalt denkbarer Entwicklungen der Energieversorgung lässt sich mit Szenarien immer nur eine begrenzte Zahl von denkbaren Zukünften beschreiben. Diese müssen so ausgestaltet sein, dass sie die Hauptlinien der Handlungsmöglichkeiten zur Ausgestaltung der zukünftigen Energieversorgung sowie ihre Wirkungen beschreiben. Die nur begrenzte Zahl möglicher Szenarioentwürfe, aber auch die notwendigerweise reduzierte Komplexität der Realität bei der Quantifizierung der zukünftigen Entwicklung der Energieversorgung sowie die bestehenden Unsicherheiten erfordern es, die quantitativen Ergebnisse von Szenarioanalysen qualitativ im Hinblick auf die Fundierung der heute anstehenden Entscheidungen bzw. einzuleitenden Maßnahmen zu interpretieren.

Der Wert von Energieszenarien für die Ausgestaltung einer auf Nachhaltigkeit ausgerichteten Energiewirtschaft

ist dabei nicht nur davon abhängig, inwieweit die technischen Aspekte der Energiewandlung und Energienutzung zur Bereitstellung von Energiedienstleistungen konsistent beschrieben werden, sondern hängt insbesondere auch davon ab, inwieweit die ökonomischen und gesamtwirtschaftlichen Implikationen und Rückwirkungen, die umwelt- und ressourcenseitigen Effekte sowie die sozialen Implikationen mit erfasst werden. Die Grenzen nationaler szenariogestützter Analysen der Energieversorgung ergeben sich insbesondere aus dem Umstand, dass sich wichtige wechselseitige Verflechtungen von Energieversorgung, Wirtschaft und Gesellschaft sowie ihrer internationalen Einbettung einer konsistenten analytischen Erfassung noch weitgehend entziehen.

Ausgehend von dem zuvor erläuterten Verständnis der Rolle, aber auch der Grenzen von szenariogestützten Analysen für die Fundierung von energiepolitischen Entscheidungen auf dem Weg zu einer nachhaltigen Energieversorgung, machen wir uns keines der im Auftrag der Kommission erarbeiteten Szenarien zu eigen oder legen uns auf eine der dort beschriebenen langfristigen Entwicklungen der Energieversorgung in Deutschland fest. Wir verstehen sie als nützliches Hilfsmittel für die Ausgestaltung einer tragfähigen am Ziel der Nachhaltigkeit ausgerichteten Energiepolitik.

5.2 Die Szenarien der Enquete-Kommission

Zur Analyse und Bewertung alternativer energiepolitischer Vorstellungen sowie von Gestaltungsoptionen einer am Leitbild Nachhaltigkeit ausgerichteten Energieversorgung hat die Kommission vier Szenarien denkbarer Entwicklungen des Energiesystems der Bundesrepublik Deutschland erarbeiten lassen.

Diese sind zum einen ein

– **Referenzszenario (REF)**

sowie drei Zielszenarien – in denen die Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2050 gegenüber 1990 um 80 % reduziert sein sollen – mit den teilweise irreführenden und nicht sachgerechten Kurzbezeichnungen

– **Umwandlungseffizienz (UWE)**

– **REG/REN-Offensive (RRO) und**

– **Fossil-nuklearer Energiemix (FNE).**

Des weiteren wurden drei Varianten zu diesen Szenarien berechnet:

Variante 1: Referenz- und Zielszenarien mit alternativen technischen und wirtschaftlichen Parametern für die Energiewandlungstechniken.

Variante 2: Solare Vollversorgung

Variante 3: Sofortiger Ausstieg aus der Kernenergie

Für die Szenarien wurde von der Kommission ein gemeinsamer sozioökonomischer Rahmendatenkranz vorgegeben. Dieser umfasst die langfristige demographische Entwicklung, die gesamtwirtschaftliche und sektorale Entwicklung, die Entwicklung der Verkehrsleistung im Personen- und Güterverkehr sowie die Entwicklung der Preise für importierte Energieträger. Darüber hinaus wurden von der Mehrheit der Kommission szenariospezifische Vorgaben gemacht z. B. hinsichtlich der Beiträge einzelner Energietechniken bzw. Energieträger an der Energiebedarfsdeckung und bezüglich der Modal-Split-Anteile[78] im Verkehrsbereich. Einige dieser Vorgaben halten wir für mit der Philosophie der einzelnen Szenarien nicht vereinbar, sie schränken die Konsistenz dieser Zukunftsbilder ein und erschweren ihre Interpretierbarkeit.

Hinzu kommt, dass die von der Kommission in Auftrag gegebenen Szenarien wichtige Fragestellungen und Problemfelder im Kontext einer Nachhaltigen Energieversorgung nicht bzw. nur unzureichend thematisieren. Dies betrifft insbesondere die möglichen Zielkonflikte zwischen den drei Dimensionen von Nachhaltigkeit. Wir beziehen ergänzende Analysen zu diesem Themenkreis in unseren Auswertungen mit ein.

Die Zielszenarien sowie einige der Varianten sind jeweils parallel vom Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), Stuttgart, und dem Wuppertal Institut (WI), Wuppertal, mit unterschiedlichen Modellsystemen erarbeitet worden. Die vorgelegten Szenarioergebnisse sind aber nur begrenzt vergleichend interpretierbar, weil in den WI-Szenarien von einigen das jeweilige Szenario charakterisierende Vorgaben und Randbedingungen abgewichen wurde. Aus diesem Grund spielen sie für unsere Auswertungen nur eine untergeordnete Rolle. Da wir die von den Vertretern der Regierungsfraktionen in der Kommission zu den technischen und wirtschaftlichen Daten der Energieumwandlungstechniken gemachten Vorgaben für wenig realitätsbezogen erachten (dies betrifft insbesondere die postulierten Reduktionen der Investitionskosten bei den Techniken zur Nutzung erneuerbarer Energie und die zu hohen Investitionskosten bei konventionellen Kraftwerken und Heizkraftwerken), stützen wir uns bei der Auswertung der Szenarioanalyse primär auf die Szenarien ab, denen der alternative Technologiedatenansatz zugrunde liegt (Szenarien der Variante 1).

5.3 Ausgangssituation der Energieversorgung in Deutschland

Die Entwicklung der Energieversorgung und Energiemärkte in Deutschland ist in der Zeitperiode von 1990 bis heute wesentlich mitgeprägt worden durch den tiefgreifenden Strukturwandel in den neuen Bundesländern nach der Vereinigung, die Liberalisierung und Wettbewerbsausrichtung der Strom- und Gasmärkte, steigende steuerliche Belastungen der Energieträger, staatliche Fördermaßnahmen zugunsten der erneuerbaren Energien und zur Energieeinsparung, eine Neuregelung der Steinkohlenbeihilfen sowie die Diskussion um den Klimaschutz. Der Primärenergieverbrauch betrug im Jahr 2000

[78] Anteile der verschiedenen Verkehrssysteme an der Deckung der Verkehrsleistung.

14 180 PJ und war damit rund 5 % niedriger als 1990 (siehe Bild 18). Der größte Teil des Rückganges resultiert dabei aus den Anpassungsprozessen in den neuen Bundesländern zu Beginn der neunziger Jahre. Seit 1992 bewegt sich der Primärenergieverbrauch auf einem gleichbleibenden Niveau.

Die Anteile der einzelnen Energieträger am gesamten Primärenergieverbrauch haben sich in den letzten zehn Jahren mit Ausnahme des Erdgases und der Braunkohle nur unwesentlich verändert. Während das Erdgas seinen Anteil von 15 % auf 21 % steigern konnte, sank der Anteil der Braunkohle von 21,5 % auf 10,9 % ab. Mit 39 % ist Mineralöl immer noch der mengenmäßig bedeutsamste Primärenergieträger. Die Steinkohle und die Kernenergie hatten im Jahr 2000 einen Anteil von je 13 % und auf die erneuerbaren Energien (Biomasse, Wasser- und Windkraft) entfallen knapp 3 %.

Wie aus Bild 19 zu erkennen ist, hat sich die Energieintensität der deutschen Volkswirtschaft – das Verhältnis von Primärenergieverbrauch zu realen Bruttoinlandsprodukt – in den neunziger Jahren deutlich verringert. Dies war die Folge von Veränderungen der Beiträge unterschiedlich energieintensiver Wirtschaftssektoren zum Bruttoinlandsprodukt sowie von Energieproduktivitätssteigerungen bei der Energiebereitstellung und Energieverwendung. Klammert man die Sondereinflüsse der strukturellen Anpassungen in den neuen Bundesländern zu Anfang der neunziger Jahre aus, so ist die gesamtwirtschaftliche Energieintensität von 1995 bis 2001 um durchschnittlich knapp 1,3 %/a gesunken. Bei einem wirtschaftlichen Wachstum von durchschnittlich 1,6 %/a hat sich der um Witterungseinflüsse bereinigte Primärenergieverbrauch in dieser Zeitperiode nur um knapp 2 % erhöht.

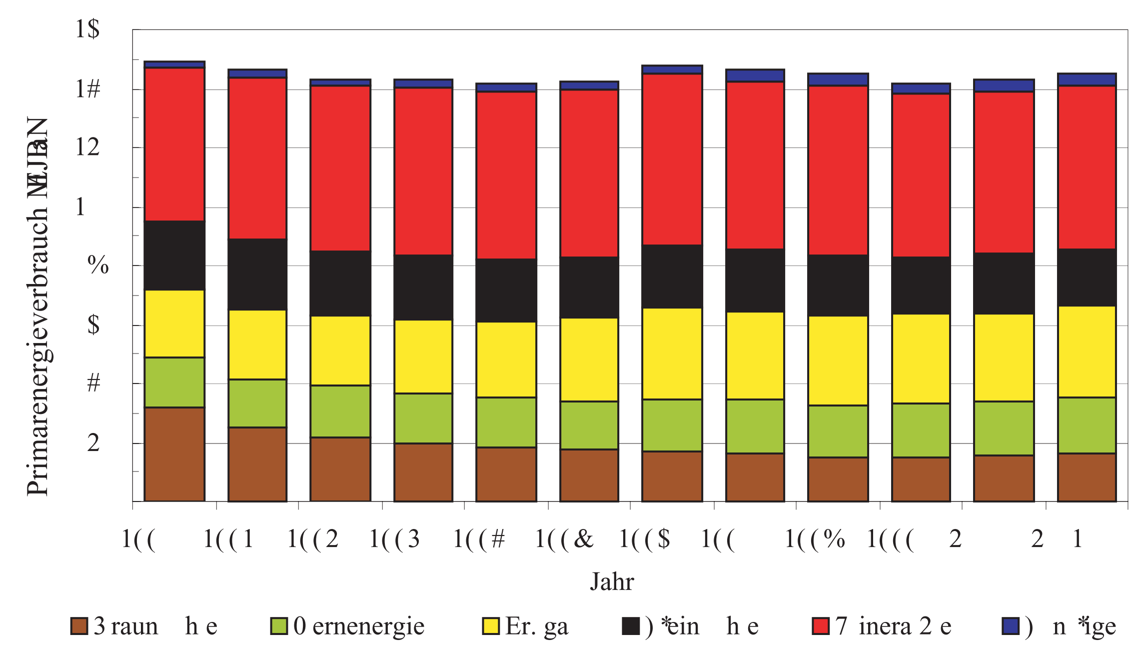
Die Entwicklung des Endenergieverbrauchs (siehe Tabelle 8) ist gekennzeichnet durch einen absoluten Rückgang des Energieeinsatzes in der Industrie sowie im Bereich Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD). Im Verkehr, aber auch bei den privaten Haushalten lag der Endenergieverbrauch im Jahr 2000 dagegen deutlich über dem des Jahres 1990. Wesentliche Veränderungen bezüglich der Anteile der verschiedenen Endenergieträger ergaben sich beim Erdgas (Zunahme von 19,7 auf 25,9 %) und bei den festen Brennstoffen (Stein- und Braunkohle), deren Anteil von 16,3 % auf 5 % zurückging.

Der Endenergieeinsatz dient letztlich der Bereitstellung von Nutzenergie zur Erfüllung von Energiedienstleistungen. Bild 20 veranschaulicht, dass auf die Bereitstellung mechanischer Energie (Antriebsenergie von Fahrzeugen, Maschinen und Geräten) mit 41 % der größte Teil des Endenergieverbrauchs entfiel. Es folgt die Raumwärme mit einem Anteil von knapp einem Drittel. Für die Prozesswärme und Warmwasserbereitung wurden 21 bzw. 5 % der Endenergie verwendet und der für die Beleuchtung verwendete Endenergieeinsatz betrug rd. 2 %.

Die Entwicklung der Nettostromerzeugung in Deutschland (Bruttostromerzeugung abzüglich des Eigenverbrauchs der Kraftwerke) ist in Bild 21 dargestellt. Der Anteil der Stromerzeugung auf Basis der Brennstoffe Braunkohle und Heizöl ist seit 1990 gesunken. Dagegen konnten das Erdgas, die Kernenergie, die Wasserkraft, die sonstigen Brennstoffe und die Windenergie ihre Beiträge ausweiten. Mit einem

Bild 18

Entwicklung des Primärenergieverbrauchs nach Energieträgern



Quelle: AG Energiebilanzen

Bild 19

Bruttoinlandsprodukt sowie absoluter und spezifischer Primärenergieverbrauch in Deutschland von 1990 bis 2001

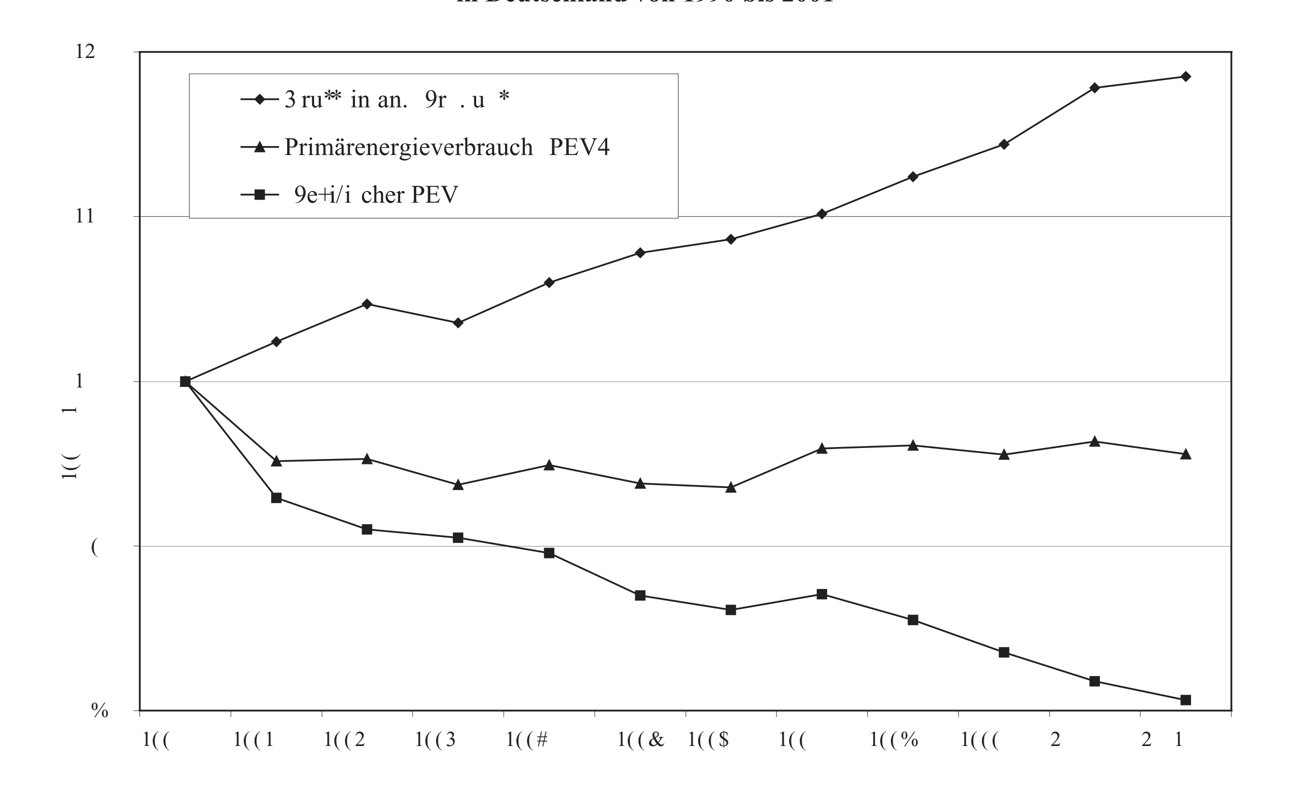


Tabelle 8

Endenergieverbrauch nach Sektoren und Energieträgern 1990–2000 in PJ

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Steinkohle	257	248	238	204	206	208	211	231	156	173	161
Braunkohle	911	538	346	293	220	176	164	129	101	86	80
Koks	378	299	251	225	241	248	237	231	232	210	246
Kraftstoffe	2 525	2 539	2 608	2 684	2 644	2 729	2 689	2 708	2 760	2 847	2 807
Übrige Mineralöle	1 455	1 696	1 675	1 725	1 652	1 611	1 754	1 662	1 584	1 366	1 277
Erdgas	1 541	1 688	1 724	1 851	1 984	2 025	2 273	2 169	2 196	2 171	2 172
Sonstige Gase	329	320	282	256	140	236	228	231	219	220	205
Strom	1 607	1 565	1 549	1 527	1 538	1 649	1 676	1 695	1 699	1 710	1 729
Fern-/Nahwärme	383	378	356	355	349	366	344	309	311	342	334
Biomasse	55	43	41	48	61	100	102	164	174	172	173
Solar, Umgebung	0	2	4	6	8	9	10	11	12	13	13
Summe	**9 441**	**9 316**	**9 074**	**9 174**	**9 043**	**9 357**	**9 688**	**9 540**	**9 444**	**9 310**	**9 197**
Industrie	2 977	2 694	2 560	2 432	2 463	2 474	2 424	2 440	2 397	2 380	2 430
GHD	1 702	1 678	1 556	1 529	1 468	1 614	1 749	1 603	1 576	1 514	1 472
Haushalte	2 383	2 516	2 436	2 617	2 558	2 655	2 890	2 854	2 779	2 637	2 550
Verkehr	2 379	2 428	2 522	2 596	2 554	2 614	2 625	2 643	2 692	2 779	2 745

Anteil von 80 % an der Stromerzeugung im Jahr 2000 sind die Kernenergie, die Braunkohle und die Steinkohle aber die wichtigsten Säulen der Stromversorgung. Der Anteil von in Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen erzeugten Strom lag im Jahr 2000 bei etwa 10 %.

Aufgrund des in der letzten Dekade rückläufigen Anteils von Stein- und Braunkohle an der Deckung des Primärenergieverbrauchs sind die energiebedingten CO_2-Emissionen in Deutschland stärker gesunken als der Primärenergieverbrauch. Im Jahr 2000 waren sie mit rund 840 Mio. t rund 15 % niedriger als im Jahr 1990 (siehe Tabelle 9).

Der größte Teil des Rückgangs der energiebedingten CO_2-Emissionen fand dabei in der ersten Hälfte der neunziger Jahre statt und resultierte aus den strukturellen Anpassungsprozessen in den neuen Bundesländern. Der Einbruch bei der industriellen Produktion und der Rückgang der Braunkohlenutzung um mehr als 50 % im Zeitraum von 1990 bis 1993 waren die wesentlichen Ursachen für die Reduktion der bundesweiten CO_2-Emissionen.

In der zweiten Hälfte der Neunziger war der Rückgang der CO_2-Emissionen vergleichsweise gering. Geht man von den temperaturbereinigten CO_2-Emissionen aus, die von 1990 bis 2000 um 146 Mio. t gesunken sind, so entfallen von diesem Rückgang rund 133 Mio. t auf die Zeit von 1990 bis 1995 und nur 13 Mio. t auf die zweite Hälfte des Jahrzehnts.

Im Vergleich zu den CO_2-Emissionen konnten die energiebedingten Emissionen von Stickstoffoxiden, Schwefeldioxid, Kohlenmonoxid und Staub deutlich stärker zurückgeführt werden (siehe Tabelle 9). Neben den Anpassungsprozessen in den neuen Bundesländern ist dies im wesentlichen auf die Umsetzung von technischen Maßnahmen zur Schadstoffminderung bei Feuerungsanlagen und bei den Fahrzeugen zurückzuführen. Gegenüber 1990 haben sich damit in 1999 die Schwefeldioxidemissionen um 84 %, die Stickoxidemissionen um 40 % und die Staubemissionen um 91 % reduziert.

5.4 Referenzentwicklung der Energieversorgung in Deutschland

5.4.1 Vorgaben und Rahmenannahmen

Um im Rahmen von szenariogestützten Zukunftsanalysen alternative Entwicklungen der Energieversorgung Deutschlands im Hinblick auf wesentliche Nachhaltigkeitsaspekte beurteilen zu können, ist es hilfreich, sich auf eine Referenzentwicklung zu beziehen und diese als Bezugsbasis für die Quantifizierung der Auswirkungen und Implikationen alternativer Ausgestaltungen der zukünftigen Energieversorgung zu verwenden. Eine derartige Referenzentwicklung erhebt dabei keineswegs den Anspruch, die wahrscheinlichste Entwicklung zu beschreiben. Für die Referenzentwicklung der Energiewirtschaft bis 2050 (Referenzszenario) wurden von der Kommission Vorgaben sowohl zur Philosophie wie auch zu den sozioökonomischen Rahmendaten gemacht, die im Folgenden näher beschrieben werden.

Für die Referenzentwicklung wird davon ausgegangen, dass die eingeleitete Liberalisierung der Strom- und Gasmärkte weiter voranschreitet, dass aber auch der von der Energiepolitik derzeit verfolgte Weg, über ordnungspolitische Vorgaben, gesetzliche Regelungen und steuerliche Maßnahmen in den Markt einzugreifen, weiterverfolgt wird. Ordnungspolitische Vorgaben (z. B. die Energieeinsparverordnung) werden der technischen Entwicklung angepasst und entsprechend verschärft. Das Erneuerbare Energien Gesetz

Bild 20

Endenergieverbrauch insgesamt nach Anwendungszwecken in Deutschland im Jahr 2000

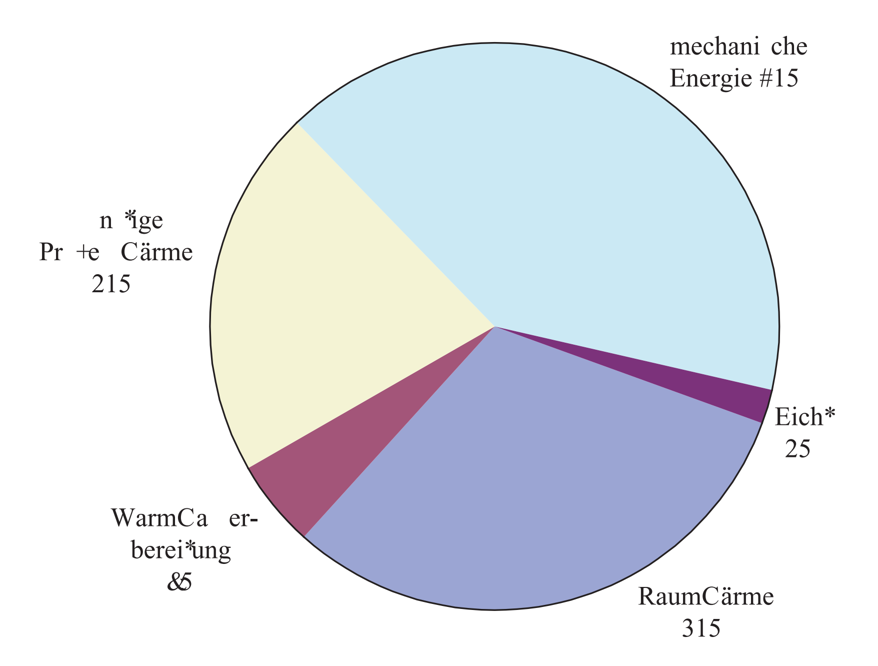


Bild 21



Nettostromerzeugung nach Energieträgern 1990–2000 in TWh

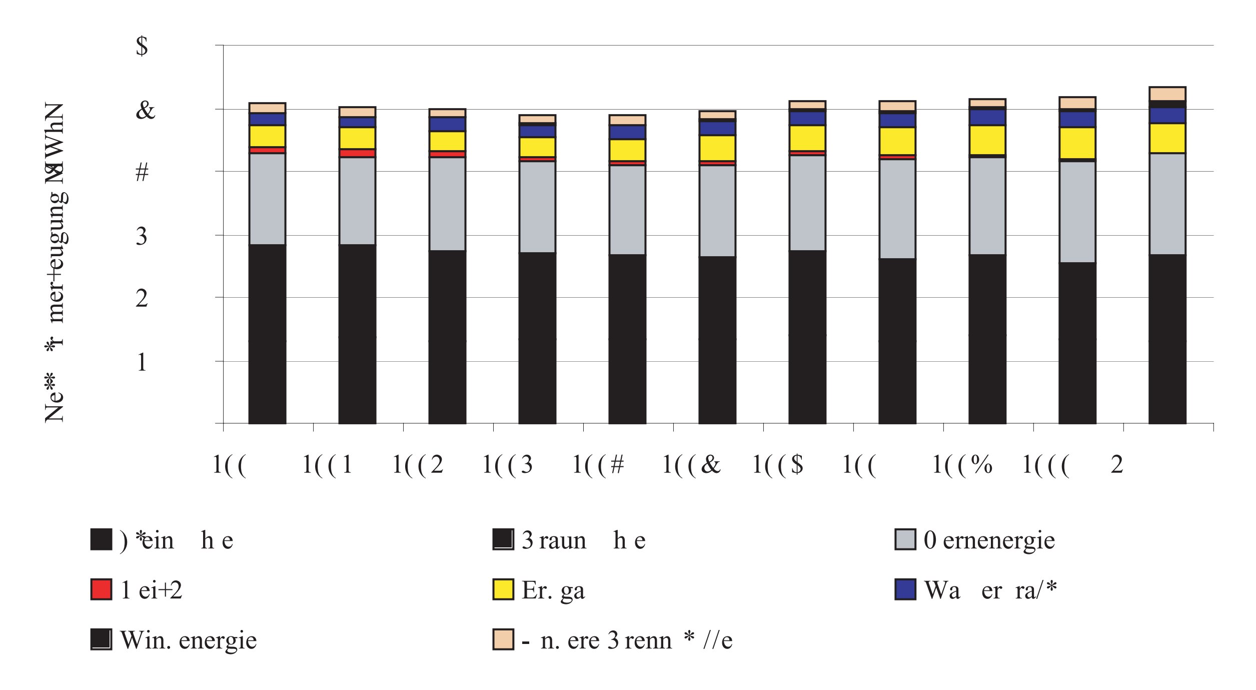


Tabelle 9

Energiebedingte Emissionen 1990–2000

		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
CO_2-Emissionen	Mio. t	986,8	952,1	9 01,9	892,0	877,2	876,5	899,0	867,3	861,1	839,9	840,8
CH_4 Emissionen	kt	1 761	1628	1 593	1 473	1 334	1 302	1 217	1 166	1 055	1 005	
N_2O Emissionen	kt	37	38	37	38	39	40	41	40	40	38	
THG-Emissionen	Mio. t CO_2	1 035,3	998,0	946,8	934,7	917,1	916,2	937,2	904,1	895,7	872,8	
NO_x-Emissionen	kt	2 675	2 472	2 284	2 177	2 024	1 952	1 864	1 768	1 696	1 625	
CO-Emissionen	kt	10 511	8 854	7 745	7 142	6 472	6 049	5 665	5 225	4 762	4 394	
NMVOC-Emissionen	kt	1 908	1 523	1 319	1 109	936	844	759	666	594	513	
Staub-Emissionen	kt	1 312	725	426	282	201	170	153	136	123	116	
SO_2-Emissionen	kt	5 095	3 840	3 223	2 867	2 396	1 910	1 326	1 047	819	753	

(EEG) und das Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz (KWK-G) gelten als gesetzliche Regelung zumindest bis 2010. Der Anteil von Strom aus regenerativen Energiequellen soll im Jahr 2010 mindestens 8 % und in 2050 mindestens 20 % betragen. Für Strom aus Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen lauten die entsprechenden Werte größer 10 % in 2010 und größer 20 % in 2050. Die Kernenergienutzung läuft entsprechend der Vereinbarung zwischen der Bundesregierung und den Energieversorgungsunternehmen vom 11. Juni 2001 aus.

Bezüglich der längerfristigen Verfügbarkeit von Erdgas und Erdöl wird davon ausgegangen, dass physisch und politisch bedingte Verknappungen nicht eintreten. Was die Minderung der energiebedingten Treibhausgasemissionen betrifft, so wird die Erreichung der nationalen Selbstverpflichtung einer Reduktion der CO_2-Emissionen von – 25 % bis 2005 und der Treibhausgasemissionen von – 21 % im Rahmen des EU burden-sharing zum Kioto-Protokoll bis 2008/2012 gegenüber 1990 nicht verpflichtend vorgegeben.

Dem Referenzszenario, wie den anderen Szenarien wird darüber hinaus ein grundsätzlich identischer Satz von sozioökonomischen Rahmenentwicklungen vorgegeben. Dies betrifft die langfristige demographische Entwicklung, das gesamtwirtschaftliche und sektorale Produktionswachstum, die Wohnflächenentwicklung, die Verkehrsleistung im Personen- und Güterverkehr sowie die Entwicklung der Preise für die importierten fossilen Energieträger. Langfristig wird für alle Szenarien von einem starken Rückgang der Bevölkerung in Deutschland ausgegangen (siehe Tabelle 10). Die Wohnbevölkerung wird von heute rund 82 Millionen auf 68 Millionen Menschen im Jahr 2050 sinken. Im gleichen Zeitraum soll sich bei einem durchschnittlichen Wachstum von 1,4 %/a das Bruttoinlandsprodukt (BIP) nahezu verdoppeln. Dies bedeutet, dass das Bruttoinlandsprodukt pro Kopf auf etwa das 2,4-fache steigen wird.

Die Wirtschaftsstrukturentwicklung ist gekennzeichnet durch eine Fortsetzung der Tendenz zur Ausweitung des tertiären Sektors. So wird sich der Anteil der Land- und Forst-

Tabelle 10

Sozioökonomische Rahmendaten für die Szenarien

Bevölkerung	**2000**	**2005**	**2010**	**2020**	**2030**	**2050**
Einwohner in Mio.	82,2	82,2	82,1	80,8	77,9	67,8
Bruttoinlandsprodukt						
BIP (Mrd. Euro)	2 023	2 221	2 438	2 882	3 286	3 989
BIP pro Kopf (Euro)	24 611	27 019	29 695	35 668	42 182	58 835
Veränderung p.a.	**2005/2000**	**2010/2005**	**2020/2010**	**2030/2020**	**2050/2030**	**2050/2000**
BIP	1,9 %	1,9 %	1,7 %	1,3 %	1,0 %	1,4 %
BIP pro Kopf	1,9 %	1,9 %	1,8 %	1,7 %	1,7 %	1,8 %
sektorale Wirtschaftsleistung (Struktur in %)	**1998**		**2010**	**2020**	**2030**	**2050**
Land- und Forstwirtschaft	1,3	k. A.	1,1	0,9	0,8	0,6
Bergbau	0,4	k. A.	0,2	0,1	0,1	0,1
Verarbeitendes Gewerbe	22,0	k. A.	21,5	21,3	20,7	19,6
Energie- und Wasserversorgung	2,2	k. A.	2,0	1,9	1,8	1,5
Baugewerbe	6,0	k. A.	5,3	4,8	4,3	3,3
Handel, Gastgewerbe, Verkehr	17,7	k. A.	18,3	18,7	19,2	19,7
Kreditinstitute, Versicherungen	5,2	k. A.	5,1	5,0	4,9	4,6
Sonstige Dienstleistungen	39,1	k. A.	41,5	43,1	44,8	48,2
Verwaltung, Verteidigung, Sozialvers.	6,3	k. A.	4,9	4,2	3,5	2,4
Insgesamt	100,0	k. A.	100,0	100,0	100,0	100,0
Wohnflächen	**2000**	**2005**	**2010**	**2020**	**2030**	**2050**
Ein-/Zweifamilienhäuser (Mio m²)	1 880	2 016	2 155	2 425	2 493	2 356
Mehrfamilienhäuser (inkl. Nichtwohngeb.) (Mio m²)	1 428	1 505	1 578	1 717	1 738	1 616
Summe	3 308	3 521	3 733	4 142	4 231	3 972
Wohnfläche pro Kopf (m²)	40,2	42,8	45,5	51,3	54,3	58,6
Verkehrsleistung						
Personenverkehr, Mrd Pkm	968,1	1034	1090,7	1 138,2	1 139,1	1 026,9
Güterverkehr, Mrd tkm	483,1	544,3	607,4	732,4	839,2	964,4
Energieträgerpreise (Euro/GJ)						
Erdöl	2,81	3,18	3,56	4,31	5,06	6,57
Erdgas	2,15	2,50	2,84	3,52	4,20	5,57
Steinkohle	1,36	1,40	1,43	1,59	1,76	2,09

wirtschaft an der gesamten Bruttowertschöpfung langfristig mehr als halbieren und auch das Verarbeitende Gewerbe wird nur unterdurchschnittlich wachsen. Dagegen liegen die Wachstumsraten im Bereich Handel, Gastgewerbe, Verkehr und bei den sonstigen Dienstleistungsbereichen deutlich über dem Durchschnitt. Insgesamt steigt der Anteil der Dienstleistungssektoren an der gesamten Bruttowertschöpfung von etwa zwei Dritteln im Jahr 1998 auf rund drei Viertel zur Mitte des Jahrhunderts an.

Bei Fortsetzung des Trends einer steigenden Wohnfläche pro Einwohner (40,2 m^2 in 2000; 58,6 m^2 in 2050) steigt die gesamte Wohnfläche bis 2030 weiter an, um dann im Zusammenhang mit der rückläufigen Bevölkerungszahl auf 2 070 Mio. m^2 im Jahr 2050 zurückzugehen. Damit ist die Wohnfläche am Ende des Betrachtungszeitraumes etwa 20 % größer als heute.

Die Entwicklung der Personenverkehrsleistung wird ähnlich wie die Wohnflächenentwicklung von der Bevölkerungsentwicklung geprägt (siehe Tabelle 10). Zunächst steigt die Personenverkehrsleistung von 968 Mrd. Pkm weiter auf etwa 1 140 Mrd. Pkm (+ 18 %) im Jahr 2020 um bis zum Jahr 2050 wieder auf 1030 Mrd. Pkm zurückzugehen. Für die Güterverkehrsleistung wird eine deutlich stärkere Zunahme unterstellt, so dass sich bis zum Jahr 2050 die gesamte Güterverkehrsleistung etwa verdoppelt. Hier überlagern sich verschiedene Effekte wie die aufgrund zunehmender nationaler und internationaler Arbeitsteilung steigende Transportintensität und eine aufgrund des wirtschaftlichen Strukturwandels (wachsender Anteil des Dienstleistungssektors) rückläufige Transportintensität, die in Summe dazu führen, dass die Güterverkehrsleistung sich parallel zum Bruttoinlandsprodukt entwickelt.

Eine weitere wichtige Vorgabe betrifft die mittel- und langfristige Entwicklung der (realen) Importpreise von Erdöl, Erdgas und Steinkohle. Unterstellt wird ein kontinuierlicher Preisanstieg, der aufgrund der Ressourcensituation bei Erdöl und Erdgas mit durchschnittlich 1,7 bzw. 1,9 %/a etwa doppelt so hoch ausfällt wie bei der Steinkohle (0,9 %/a). Am Ende des Betrachtungszeitraumes liegen die realen Importpreise von Erdöl bei 230 %, von Erdgas bei 260 % und von Steinkohle bei 150 % des heutigen Niveaus.

Um vor dem Hintergrund der zuvor erläuterten energie- und umweltpolitischen Vorgaben und der sozioökonomischen Rahmendaten die Entwicklung des Energieverbrauchs und seiner Deckungsstruktur mit Hilfe der verwendeten Energiesystemmodelle berechnen zu können, bedarf es weiterer Annahmen über die Kosten und Wirkungsgrade der verschiedenen Energietechnologien sowie der Energieeinsparmöglichkeiten für die verschiedenen Energieanwendungsbereiche bei den privaten Haushalten, im Verkehr, im Gewerbe, Handel und Industrie. Auf einige wird im Folgenden kurz eingegangen.

Grundsätzlich bestehen in allen Bereichen der Energiewandlung und Energieanwendung Möglichkeiten der Energieeffizienzverbesserungen, wobei allerdings die Potenziale sowie die Kosten ihrer Erschließung durchaus unterschiedlich sind. Hinzu kommt, dass effizienzsteigernde Maßnahmen bzw. effizientere Energietechniken in der Regel nur im Zuge von Erneuerungsmaßnahmen im Rahmen des Reinvestitionszykluses realisiert werden.

Für den Gebäudebereich wird im Referenzszenario davon ausgegangen, dass neuerstellte Gebäude ab 2002 der Energieeinsparverordnung (EnEV) entsprechen, deren Anforderungen sukzessive verschärft werden und im Jahr 2050 40 % unter den heutigen Werten liegen. Für energetische Sanierungsmaßnahmen im Altbaubereich gelten analoge Anforderungen. Hier wird allerdings davon ausgegangen, dass wie in der Vergangenheit nur 20 % der Altbauten im Rahmen anstehender Renovierungsmaßnahmen auch wärmetechnisch saniert werden. Die für die Referenzentwicklung unterstellten Effizienzverbesserungen für verschiedene Haushaltsgeräte sind in Tabelle 11 zusammengestellt. Der spezifische Stromverbrauch je Gerät und Jahr geht im Betrachtungszeitraum um bis zu 60 % zurück.

Für den spezifischen Flottenverbrauch der Pkw wird unterstellt, dass er von derzeit 8,6 l BÄ(Benzinäquivalent)/100 km auf 4,6 l BÄ/100 km im Jahr 2050 zurückgeht (siehe Tabelle 12). Bis 2020 sinkt er durchschnittlich um 1,4 %/a, danach um 1 %/a. Für den Durchschnitt der Neufahrzeuge im Jahr 2050 bedeutet dies einen Verbrauchswert von rd. 3 l BÄ/100 km.

Wesentlich für die Entwicklung des Kraftwerksparks und die Struktur der Stromerzeugung in einem wettbewerblichen Elektrizitätsmarkt sind die Stromerzeugungskosten der unterschiedlichen Kraftwerkstypen. Diese werden

Tabelle 11

Effizienz des Energieeinsatzes im Haushalt in kWh pro Gerät und Jahr

	1997	2010	2020	2030	2040	2050
Kühlschrank	280,4	208,5	178,2	157,7	130,4	114,0
Gefrierschrank	301,4	225,8	200,8	163,8	142,7	130,8
Waschmaschine	157,6	115,4	100,9	97,4	95,6	93,8
Spülmaschine	227,0	185,2	170,5	162,0	153,0	144,0
Fernseher	136,6	132,2	123,8	122,0	121,0	120,0
PC	151,0	166,0	136,0	126,9	117,9	108,8
		Energiereport III		Fortschreibung IER		

Tabelle 12

Flottenverbrauchswerte der Pkw im Referenzszenario

	1999	2010	2020	2030	2040	2050
Liter Benzinäquivalent pro 100 km	8,59	7,52	6,36	5,54	4,98	4,65
jahresdurchschnittliche Veränderung in %/a		– 1,20	– 1,66	– 1,37	– 1,06	– 0,68

Tabelle 13

Technisch ökonomische Daten von Stromerzeugungsanlagen

	Einheit	2000	2010	2020	2030
Steinkohle – Kondensations-KW					
Kapazität	MWel	800	800	800	800
Eta	%	46	47	50	52
spez. Investitionskosten[1]	Euro/kWel	870	865	880	870
Braunkohle – Kondensations-KW					
Kapazität	MWel	965	1 050	1 050	1 050
Eta	%	44,5	45	50	50
spez. Investitionskosten[1]	Euro/kWel	1 175	920	930	920
Erdgas GuD					
Kapazität	MWel	400	500	500	500
Eta	%	57,5	60	62	63
spez. Investitionskosten[1]	Euro/kWel	460	435	430	425
Kernkraftwerk					
Kapazität	MWel	1 756	1 756	1 756	1 756
Eta	%	36	36	36	36
spez. Investitionskosten[1]	Euro/kWel	1 467	1 365	1 288	1 237
PV Kraftwerk					
Modulleistung (DC, STC)	kWp	26,1	24,7	23,4	22,3
spez. Investitionskosten[1]	Euro/kWp	6 900	5 285	4 135	3 526
Windenergiekonverter (Onshore)					
Leistung	kWp	1 500	2 000	2 500	2 500
WEA-Herstellungskosten	Euro/kWp	1 025	900	800	760
spez. Investitionskosten[1]	Euro/kWp	1 300	1 155	1 050	1 005

[1] spez. Investitionskosten mit Bauherren-Eigenleistung; ohne Zinsen.

bestimmt durch die Brennstoffkosten, den Wirkungsgrad des Kraftwerks, die sonstigen Betriebskosten und die Investitionskosten des Kraftwerks. Bei Windkraftanlagen und Kraftwerken zur Nutzung solarer Strahlungsenergie sind weiterhin die energieangebotsseitigen Beschränkungen relevant, die den Jahresenergieertrag begrenzen.

Für die Szenarioanalysen wurden von der Kommission Daten zusammengetragen, die die technisch – ökonomische Entwicklung der verschiedenen Stromerzeugungsoptionen in der Zukunft mittels Referenztechniken beschreiben. Innerhalb der Kommission war dabei eine Verständigung auf einen gemeinsamen, die zukünftigen Entwicklungen im Kraftwerksbereich charakterisierenden Datensatz nicht möglich. Unsere Analysen stützen wir deshalb primär auf die von uns als realistischer eingeschätzten technisch ökonomischen Entwicklungen im Bereich der Kraftwerkstechnik ab. In den Tabellen 13 und 14 ist beispielhaft für ausgewählte Referenztechniken der Stromerzeugung und Kraft-Wärme-Kopplung die Entwicklung charakteristischer Größen dargestellt.

5.4.2 Entwicklungen im Referenzszenario

Unter den vorgegebenen Annahmen zur Bevölkerungs- und Wirtschaftsentwicklung sinkt der Endenergieverbrauch trotz steigendem Bruttoinlandsprodukt langfristig unter das heutige Niveau ab. Zwar steigt der Endenergieverbrauch zunächst noch von knapp 9200 PJ im Jahr 2000 auf 9700 PJ im Jahr 2010 an. Danach geht er aber zurück und ist im Jahr 2050 um gut 10 % niedriger als in 2000 (vgl. Tabelle 15).

Diese Gesamtentwicklung des Endenergieverbrauchs ergibt sich aus langfristig in allen Sektoren rückläufigen Endenergieverbräuchen. Bei den Haushalten liegt der Endenergieverbrauch im Jahr 2050 um rd. 13 % unter dem des Jahres 2000. Im Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen

Tabelle 14

Technisch ökonomische Daten von KWK Anlagen

		2000	2010	2020	2030
Erdgas-Entnahmekondensations-KWK					
max. el. Kapazität	MW	200	200	200	200
max. el. Wirkungsgrad	%	54	56	58	59
max. Wärmeauskopplung el. Wirkungsgrad	%	45	45	46	47
max. Wärmeauskopplung therm. Wirkungsgrad	%	44	44	43	42
spez. Investitionskosten[1)]	Euro/kWel	615	583	552	522
Steinkohle-Entnahmekondensations-KWK					
max. el. Kapazität	MW	500	500	500	500
max. el. Wirkungsgrad	%	42,5	44	45	46
max. Wärmeauskopplung el. Wirkungsgrad	%	35	35	36	37
max. Wärmeauskopplung therm. Wirkungsgrad	%	53	53	52	51
spez. Investitionskosten[1)]	Euro/kWel	1 110	1 104	1 099	1 094
Erdgas GuD-Gegendruck-KWK					
el. Kapazität	MW	200	200	200	200
el. Wirkungsgrad	%	45	45,5	46	46,5
therm. Wirkungsgrad	%	45	44	44	43,5
spez. Investitionskosten[1)]	Euro/kWel	562	511	486	455
Steinkohle-Gegendruck-KWK					
el. Kapazität	MW	200	200	200	200
el. Wirkungsgrad	%	35	36	37	38
therm. Wirkungsgrad	%	50	51	51	51
spez. Investitionskosten[1)]	Euro/kWel	1 227	1 222	1 217	1 212

1) spez. Investitionskosten mit Bauherren-Eigenleistung; ohne Zinsen.

Tabelle 15

Endenergieverbrauch nach Energieträgern und nach Sektoren in Deutschland in PJ

	1990	1995	1998	2000	2010	2020	2030	2040	2050
Industrie	2 977	2 474	2 397	2 430	2 511	2 509	2 514	2 440	2 331
GHD	1 702	1 614	1 576	1 472	1 515	1 509	1 523	1 469	1 376
Haushalte	2 383	2 655	2 779	2 550	2 842	2 866	2 710	2 462	2 218
Verkehr	2 379	2 614	2 692	2 745	2 838	2 757	2 639	2 485	2 299
Summe	**9 441**	**9 357**	**9 444**	**9 197**	**9 706**	**9 641**	**9 387**	**8 856**	**8 222**
Steinkohle	257	208	156	161	199	179	184	189	198
Braunkohle	911	176	101	80	56	47	40	34	28
Koks	378	248	232	246	168	159	144	138	131
Kernenergie	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kraftstoffe	2 525	2 729	2 760	2 807	2 883	2 754	2 593	2 367	2 075
Übrige Mineralöle	1 455	1 611	1 584	1 277	1 276	1 197	1 075	874	652
Erdgas	1 541	2 025	2 196	2 172	2 531	2 659	2 681	2 586	2 392
Sonstige Gase	329	236	219	205	150	110	79	55	42
Strom	1 607	1 649	1 699	1 729	1 849	1 892	1 905	1 882	1 818
Fern-/Nahwärme	383	366	311	334	341	359	366	357	375
Biomasse	55	100	174	173	224	240	257	264	298
Solar, Umgebung	0	9	12	13	29	39	47	54	62
Methanol	0	0	0	0	0	2	5	8	13
Wasserstoff	0	0	0	0	0	3	11	49	139

sinkt der auf die reale Bruttowertschöpfung bezogene spezifische Endenergieverbrauch bis 2050 um durchschnittlich 1,7 %/a ab, so dass trotz der Zunahme der Bruttowertschöpfung um 120 % der Endenergieverbrauch im Jahr 2050 um fast 7 % niedriger als in 2000 ist.

Ähnlich stark sinkt auch der spezifische Energieverbrauch der Industrie bis 2050 ab (– 60 % gegenüber 2000). Darin schlagen sich nicht nur technische Effizienzverbesserungen und ein wachsender Stromanteil, sondern auch der inter- und intra-industrielle Strukturwandel hin zu weniger energieintensiven Branchen und Erzeugnissen nieder. Dies führt zu einem Rückgang des industriellen Energieverbrauchs bis 2050 um 3 %.

Im Verkehrssektor steigt der Endenergieverbrauch trotz der stark steigenden Verkehrsleistung nur noch bis 2010 moderat an (+ 3,4 % gegenüber 2000). Wesentlich hierfür ist die unterstellte Umsetzung der freiwilligen Selbstverpflichtung der deutschen Automobilindustrie. Nach 2010 werden geringere Zuwächse bei den Verkehrsleistungen und weitere Reduktionen der spezifischen Kraftstoffverbräuche unterstellt, so dass sich von 2010 bis 2050 ein Rückgang des Endenergieverbrauchs im Verkehr von 19 % ergibt. Im Vergleich zu 2000 weist damit der Verkehrssektor mit rd. 16 % den stärksten Endenergieverbrauchsrückgang auf.

Eine wesentliche Entwicklung im Verkehrsbereich ist die stärkere Verwendung von Dieselfahrzeugen zu Lasten der Fahrzeuge mit Ottomotoren. Alternative Kraftstoffe spielen auch am Ende des Betrachtungszeitraumes nur eine nachgeordnete Rolle. Auch aufgrund des wachsenden Kerosinverbrauchs im Luftverkehr behalten die mineralölstämmigen Kraftstoffe ihre dominierende Rolle. Sie decken im Jahr 2050 noch 85 % (heute 97 %) des Endenergiebedarfs des Verkehrs.

Der sinkende Kraftstoffverbrauch des Straßenverkehrs und ein rückläufiger Heizölverbrauch bei den privaten Haushalten und der Industrie führen dazu, dass die Verwendung von Mineralölprodukten insgesamt deutlich zurückgeht. Ihr Anteil am Endenergieverbrauch sinkt von 44,4 % im Jahr 2000 auf nur noch rund ein Drittel zur Mitte des Jahrhunderts (siehe Tabelle 15 und Bild 22). Dagegen können die Gase ihren Anteil von knapp 26 % (2000) bis auf rund 30 % von 2030 an ausbauen. Die Kohlen verlieren in allen Sektoren weiter an Bedeutung und tragen im Jahr 2050 nur noch mit etwas mehr als 4 % zum Endenergieverbauch bei.

Die Nah- und Fernwärme kann im Referenzszenario ihren Beitrag zur Deckung der Endenergienachfrage zwar ausbauen, doch bleibt er mit 4,6 % auch im Jahr 2050 (3,6 % in 2000) nach wie vor begrenzt. Im Unterschied zu anderen Energieträgern schlägt sich hier der rückläufige Wärmebedarf für die Gebäudeheizung nicht verbrauchsmindernd nieder, da die Nah- und Fernwärmeerzeugung vor allem durch die vorgegebenen steigenden Anteile des KWK-Stroms an der gesamten Stromerzeugung mitbestimmt wird.

Der Endenergieverbrauch an Strom zeigt bis 2030 zunächst einen deutlichen Anstieg (+ 10 % gegenüber 2000), geht dann aber wieder zurück, so dass das Stromverbrauchsni-

veau im Jahr 2050 nur um rd. 5 % über dem des Jahres 2000 liegt. Der Zuwachs des Stromverbrauchs ist hauptsächlich auf die Sektoren Industrie, GHD und Verkehr mit steigenden Anteilen des Schienenverkehrs sowie den Einsatz von Strom in alternativen Antriebskonzepten zurückzufahren. Dem steht ein langfristig rückläufiger Stromverbrauch bei den Haushalten, sowohl bei den Wärmeanwendungen als auch bei Elektrogeräten gegenüber. Hier gewinnen allerdings gegen Ende des Betrachtungszeitraumes aufgrund der gestiegenen Preise für fossile Energieträger Elektro-Wärmepumpen zunehmend an Bedeutung.

Für die Entwicklung der künftigen Struktur des Stromerzeugungssystems sind zum einen die Entwicklung der Stromnachfrage und zum anderen die bestehenden Kraftwerkskapazitäten sowie die sich aus ihrer Altersstruktur ergebenden Ersatzinvestitionszeitpunkte relevant. Daraus und aus der Vorgabe eines zu jedem Zeitpunkt ausgeglichenen Stromimportsaldos ergibt sich der Kapazitätszubaubedarf, der nach ökonomischen Gesichtspunkten, d. h. unter Berücksichtigung der Investitionskosten der Kraftwerksalternativen und den Energieträgerpreiserwartungen gedeckt wird.

Sieht man von dem durch Vorgaben der Kommission bestimmten Ausbau von Windkraft-, Photovoltaik- und KWK-Anlagen ab, so wird der verbleibende Kapazitätsbedarf im wesentlichen durch den Zubau von Kohlekraftwerken gedeckt. Details über die Entwicklung der Kraftwerkskapazitäten sind Tabelle 16 zu entnehmen. Die Netto Engpassleistung des Kraftwerksparks steigt von rund 115 GW im Jahr 1998 über knapp 120 GW im Jahr 2030 auf 128 GW im Jahr 2050 an.

Auf Basis der zum jeweiligen Zeitpunkt vorhandenen Kraftwerkskapazitäten und ihrer Auslastungen ergibt sich die in Abbildung 23 dargestellte Nettostromerzeugung im Referenzszenario. Insgesamt steigt die Nettostromerzeugung von 532 TWh im Jahr 2000 über 559 TWh in 2010 auf fast 570 TWh in 2020 an. Danach sinkt sie entsprechend der rückläufigen Stromnachfrage auf 555 TWh im Jahr 2050 ab. Die gemäß Vorgabe auslaufende Stromerzeugung aus Kernenergie wird im wesentlichen durch Strom aus Stein- und Braunkohle ersetzt. Im Jahr 2050 tragen die Steinkohlen- und Braunkohlenkraft jeweils rund 32 % zur gesamten Nettostromerzeugung bei; Erdgaskraftwerke folgen mit gut 12 % an dritter Stelle.

Entsprechend den Vorgaben der Kommission soll der Beitrag der erneuerbaren Energiequellen zur Nettostromerzeugung künftig auch in der Referenzentwicklung weiter steigen. Es ist ein Anteil des REG-Stroms an der Nettostromerzeugung von mindestens 8 % im Jahr 2010, mindestens 10 % im Jahr 2020, mindestens 15 % im Jahr 2030 und mindestens 20 % im Jahr 2050 vorgegeben worden. Zur Erfüllung dieser Quoten steigt die Stromerzeugung aus Windkraftanlagen bis 2050 auf 62,5 TWh, aus Photovoltaik auf 9,1 TWh, aus Biomasse auf 12,7 TWh und

Bild 22

Endenergieverbrauch nach Energieträgern im Referenzszenario in Deutschland

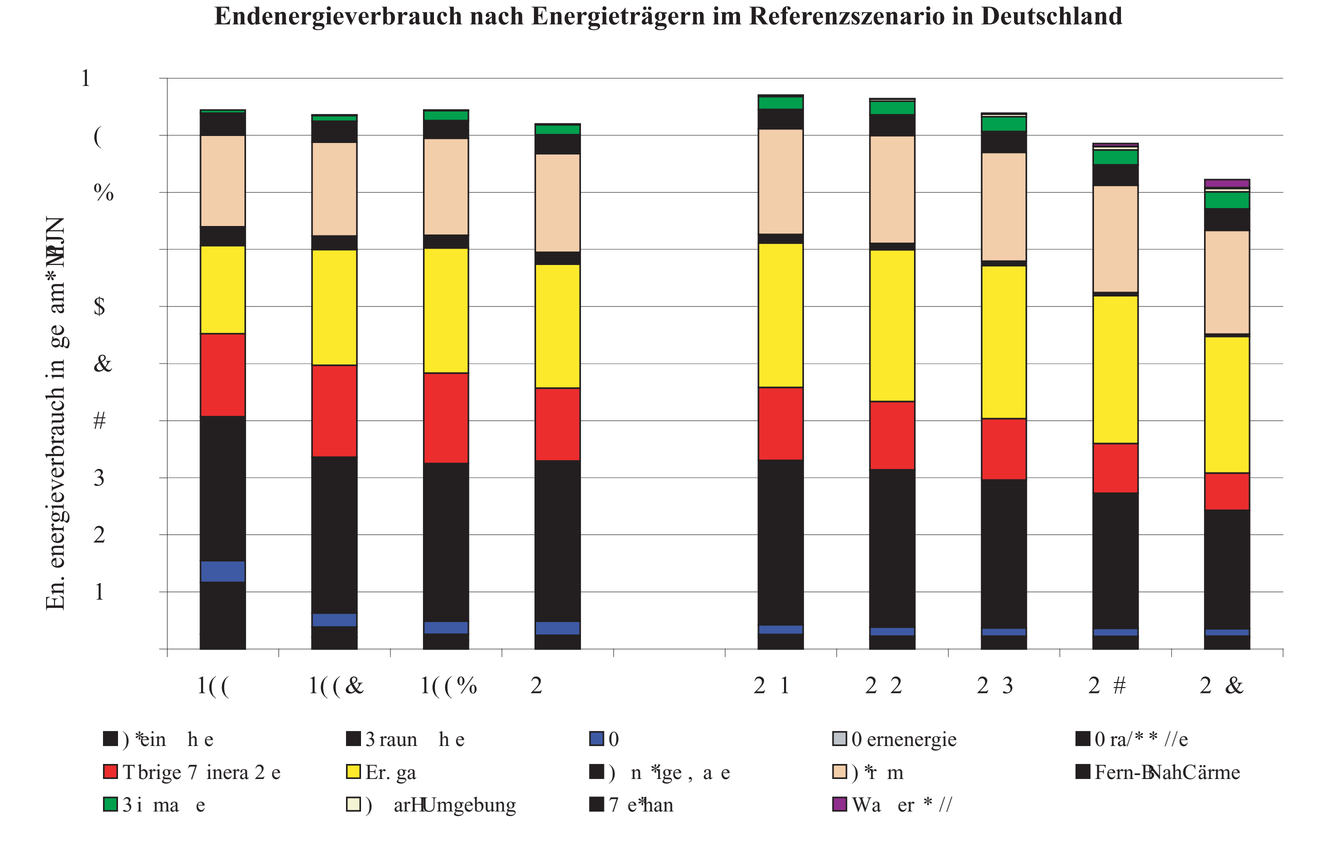


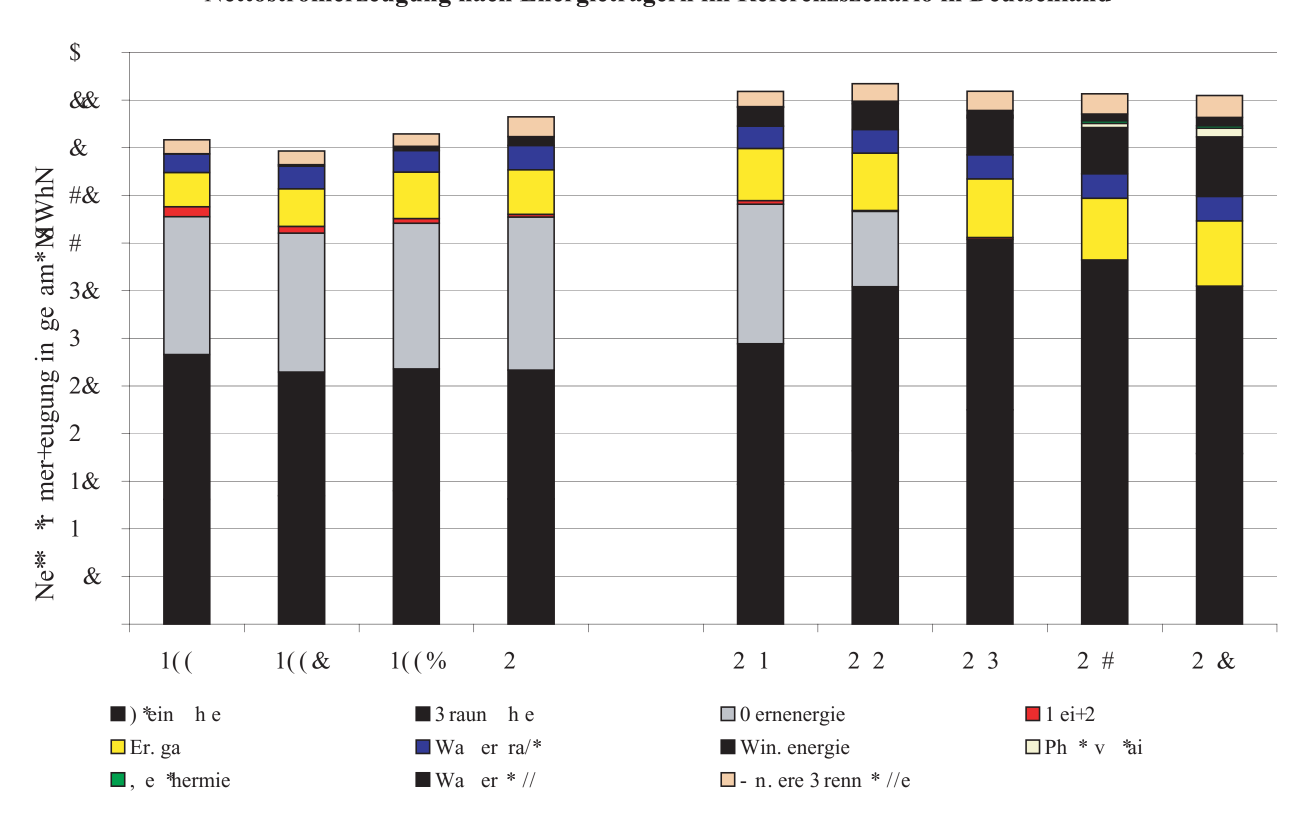
Tabelle 16

Kraftwerkskapazitäten (netto) im Referenzszenario in Deutschland

	1990	1995	1998	2010	2020	2030	2040	2050
Netto-Engpaßleistung								
Steinkohle	31,2	31,0	30,7	27,9	29,8	35,3	30,6	27,8
Braunkohle	26,2	22,0	19,0	21,9	23,6	24,2	24,7	23,3
Heizöl	10,0	9,4	8,3	3,2	2,6	0,3	0,0	0,0
Erdgas	16,7	19,7	20,4	21,1	20,9	18,5	19,9	21,2
Kernenergie	24,1	22,8	22,3	19,7	10,6	0,0	0,0	0,0
Wasserkraft	8,6	8,9	8,9	10,3	10,4	10,6	10,6	10,6
Wind	0,0	0,9	2,9	12,0	14,7	19,0	22,5	27,5
Photovoltaik	0,0	0,0	0,0	0,2	0,8	1,5	4,5	9,6
Andere Brennstoffe	1,7	1,6	2,9	3,5	4,8	6,2	7,4	8,7
Summe	**118,5**	**116,3**	**115,3**	**119,7**	**118,2**	**115,6**	**120,3**	**128,8**
dav. in Kraft-Wärme-Kopplung				25,8	29,6	31,0	32,8	35,5

Bild 23

Nettostromerzeugung nach Energieträgern im Referenzszenario in Deutschland



aus geothermischen Kraftwerken auf 2,4 TWh an. Schließlich wächst auch die Stromerzeugung aus Wasserkraft (Laufwasser, Speicher mit natürlichem Zufluss) von 17,3 TWh in 1998 auf 24 TWh in 2050 an, womit ihr Potenzial weitgehend ausgeschöpft ist.

Der sich aus der Entwicklung des Endenergieverbrauchs, der Strombereitstellung und des Verbrauchs im übrigen Umwandlungsbereich ergebende Primärenergieverbrauch in Deutschland ist für die Referenzentwicklung in Tabelle 17 und Abbildung 24 dargestellt. Bis zum Jahr 2010 verbleibt

Tabelle 17

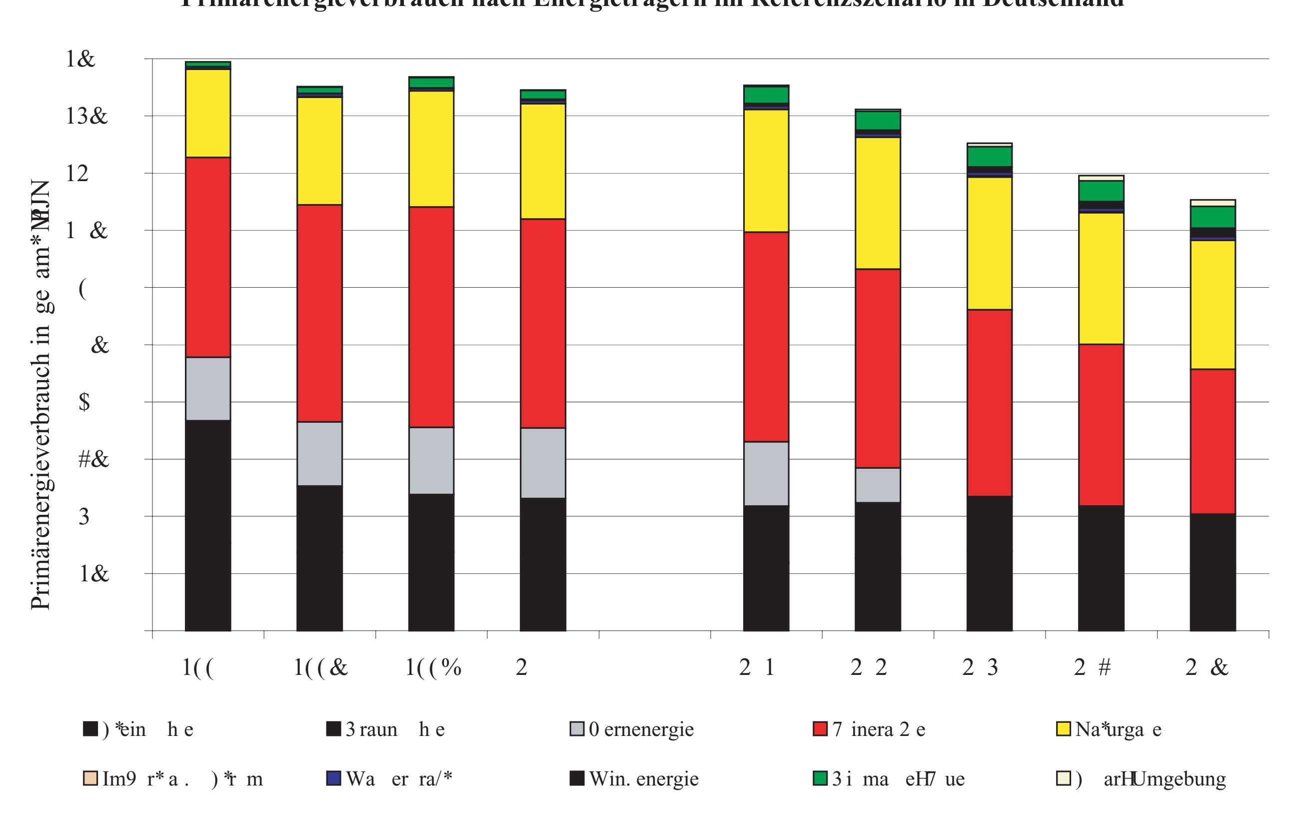
Primärenergieverbrauch in Deutschland in PJ (Wirkungsgradmethode)

	1990	1995	1998	2000	2010	2020	2030	2040	2050
Steinkohle	2 306	2 060	2 059	1 920	1 776	1 893	2 091	1 843	1 641
Braunkohle	3 201	1 734	1 514	1 547	1 491	1 465	1 428	1 423	1 418
Kernenergie	1 668	1 682	1 762	1 849	1 691	912	0	0	0
Mineralöle	5 238	5 689	5 775	5 478	5 497	5 214	4 898	4 247	3 796
Naturgase	2 316	2 826	3 048	3 025	3 218	3 454	3 483	3 451	3 383
Importsaldo Strom	3	17	0	9	0	6	32	26	0
Wasserkraft	58	77	63	73	84	89	91	92	93
Windenergie	0	6	17	33	71	96	139	175	225
Biomasse, Muell	126	169	271	233	442	492	533	541	573
Solar, Umgebung	0	9	12	13	33	46	90	138	169
Summe	**14 916**	**14 269**	**14 521**	**14 180**	**14 304**	**13 668**	**12 785**	**11 937**	**11 298**
REG-Anteil	1,2 %	1,8 %	2,5 %	2,5 %	4,4 %	5,3 %	6,9 %	8,2 %	9,4 %

Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen Ergebnisse des Referenzszenarios

Bild 24

Primärenergieverbrauch nach Energieträgern im Referenzszenario in Deutschland



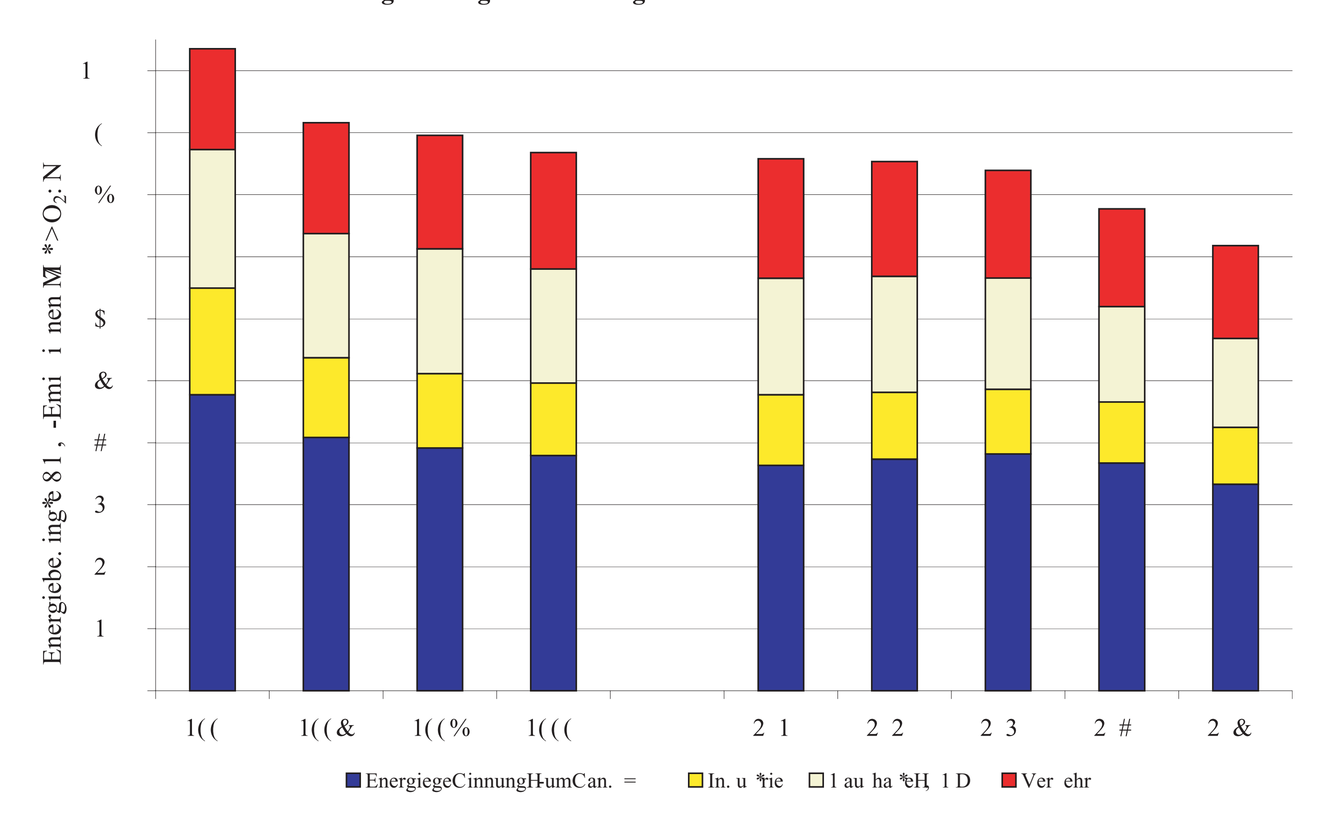
der Primärenergieverbrauch auf dem derzeitigen Niveau, danach sinkt er aufgrund von Energieeffizienzverbesserungen bei der Energieanwendung, der Stromerzeugung und den sonstigen Energiewandlungstechniken bis zum Jahr 2050 auf 11 300 PJ ab, und ist damit um gut 20 % niedriger als im Jahr 2000. Der im Vergleich zur Entwicklung des Endenergieverbrauchs stärkere Rückgang des Primärenergieverbrauchs resultiert zum Teil auch aus der primärenergietechnischen Bewertung der Energieträger auf der Basis der Wirkungsgradmethode.[79] Der Primärenergieverbrauch in Deutschland beruhte im Jahr 2000 zu fast 39 % auf Mineralöl, zu 24,4 % auf Kohlen, zu 21,3 % auf Naturgasen, zu 13 % auf Kernenergie und zu 2,4 % auf erneuerbaren Energiequellen (Wasserkraft, Biomasse, Wind, usw.)

Die Beiträge der einzelnen Energieträger zum Primärenergieverbrauch entwickeln sich im Referenzszenario sehr unterschiedlich. Die Kohlen, das Erdgas und die erneuerbaren Energiequellen gewinnen vor allem durch die Veränderungen im Strombereich an Bedeutung. Die Kernenergienutzung läuft annahmegemäß aus. Die Entwicklung beim Mineralöl wird durch rückläufigen Einsatz im Wärmemarkt und durch die Entwicklung im Verkehrssektor bestimmt. Gleichwohl bleibt das Mineralöl auch im Jahr 2050 mit einem Anteil von einem Drittel der wichtigste Primärenergieträger, gefolgt von Erdgas mit knapp 30 % und den Stein- und Braunkohlen mit 27 %. Der Beitrag aller erneuerbaren Energiequellen macht knapp 10 % aus.

Die Entwicklung des Primärenergieverbrauchs und seiner Energieträgerstruktur bestimmt die Entwicklung der energiebedingten Treibhausgasemissionen. Entsprechend sinken die energiebedingten Treibhausgasemissionen in den nächsten drei Jahrzehnten nur moderat ab (– 5 % gegenüber 1998). Erst der weitere Rückgang des Primärenergieverbrauchs nach 2030, der wesentlich durch die abnehmende Bevölkerungszahl bestimmt wird, führt dann zu einer weiteren Reduktion der Treibhausgasemissionen um größenordnungsmäßig 20 % gegenüber 1998 (siehe Abbildung 25 und Tabelle 18). Bezogen auf das Jahr 1990, das üblicherweise als Bezugspunkt für die Entwicklung der THG-Emissionen verwendet wird, bedeutet die Emissionsentwicklung im Referenzszenario, dass die energiebedingten THG-Emissionen im Jahr 2010 um 17 %, im Jahr 2020 um 17,5 %, im Jahr 2030 um 19 % und im Jahr 2050 um 30 % niedriger liegen.

Bild 25

Energiebedingte Treibhausgasemission im Referenzszenario



[79] Nach der Wirkungsgradmethode wird der primärenergetische Beitrag der Kernenergie zur Stromerzeugung pauschal mit einem Bruttowirkungsgrad von 33 % erfasst, während die Stromerzeugung aus Wasserkraft, Windenergie und Photovoltaik sowie der Stromimport mit einem Wirkungsgrad von 100 % bilanziert werden.

Sektoral differenziert ergibt sich für die Entwicklung der CO_2- sowie der THG-Emissionen das folgende Bild (siehe Tabelle 18). In beiden Fällen ist die relative Emissionsminderung besonders hoch in der Industrie (– 47 %) sowie im zusammengefassten Bereich Haushalte, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (– 35 %). Die Emissionen des Energiegewinnungs- und -umwandlungssektors gehen bezogen auf 1990 bis 2050 zwar um 26 % zurück, dieses Emissionsniveau wird aber praktisch schon im Jahr 2000 erreicht. Am schwächsten ist der Rückgang im Verkehr, dessen Emissionen das 1990er Niveau bis zum Jahr 2030 sogar noch spürbar überschreiten.

Für die übrigen energiebedingten Schadstoffemissionen ergeben sich in der Referenzentwicklung deutlich größere Reduktionen als bei den Treibhausgasen. So gehen die NMVOC- und Staub-Emissionen im Vergleich zu 1990 um mehr als 90 % zurück. Stark rückläufig sind aber auch die Emissionen von CO (– 85 %), SO_2 (– 86 %) und NO_x (– 62 %).

In Tabelle 19 sind Indikatoren zur Kennzeichnung der Entwicklung im Referenzszenario in Deutschland zusammengesellt. Der Primärenergieverbrauch je Einwohner bleibt im Betrachtungszeitraum nahezu unverändert. Allerdings sinkt die Energieintensität der deutschen Volkswirtschaft (Primärenergieverbrauch je Einheit Bruttosozialprodukt) deutlich ab. Je nach Bewertung des Primärenergieträgers sinkt die Energieintensität durchschnittlich um 1,8 bzw. 1,9 %/a im Zeitraum von 1998 bis 2050. In der Zeitperiode von 1995 bis 2001 waren es 1,3 %/a und in der durch die strukturellen Anpassungen in den neuen Bundesländern anfänglich stark geprägte Periode von 1990 bis 2000 rd. 2 %/a.

Die Importabhängigkeit bleibt im Referenzszenario in etwa auf dem derzeitigen Niveau, wobei strukturell die Erdgas- und Steinkohleimporte zunehmen und die von Mineralölprodukten zurückgehen. Der Wert der Netto-Energieimporte, der 1980 bei rd. 25 Mrd. Euro (95er Preise) gelegen hat, steigt langfristig um fast 80 % auf fast 45 Mrd. Euro im Jahr 2050 an. Gemessen am Bruttoinlandsprodukt bedeutet dies gegenüber 1990 allerdings einen Rückgang: Entsprach der Wert der Netto-Energieimporte im Jahr 1990 noch einem Anteil von 1,5 % des BIP's so sinkt er im Jahr 2050 auf 1,15 % ab.

Die gesamten Kosten (Investitionen, Brennstoffkosten, Betriebskosten) des Energiesystems zur Bereitstellung der Energiedienstleistung im Zeitraum von 1998 bis 2050 (ohne Berücksichtigung der externen Kosten) belaufen sich kumuliert auf rd. 19 250 Mrd. Euro (1998er Preise).

Einordnung des Referenzszenarios

Das Referenzszenario beschreibt eine Entwicklung der Energieversorgung, die gekennzeichnet ist durch eine Fortschreibung einer Politik, die einerseits den Wettbewerb will, auf der anderen Seite aber über ordnungsrechtliche Maßnahmen, gesetzliche Regelungen und Subventionen in die Märkte zugunsten gewisser Technologien eingreift. Eine klare Strategie zur Verwirklichung einer nachhaltigen zukunftsfähigen Energieversorgung bedeutet dies sicher nicht.

Das Niveau des End- und Primärenergieverbrauches im Referenzszenario wird gegen Ende des Betrachtungszeitraumes wesentlich geprägt durch die unterstellte demographische und ökonomische Entwicklung. Während von der unterstellten, zuletzt stark rückläufigen Entwicklung der Bevölkerung erhebliche energieverbrauchssenkende Wirkungen – insbesondere im Haushaltsbereich sowie im Verkehrssektor – ausgehen, wirkt sich umgekehrt die Annahme eines durchgängigen gesamtwirtschaftlichen

Tabelle 18

Energiebedingte CO_2- und Treibhausgas-Emissionen in Deutschland in Mio. t CO_2 bzw. Mio. t CO_2 Äquivalente

	1990	1995	1998	1999	2010	2020	2030	2040	2050
Energiebedingte CO_2 Emissionen									
Energiegewinnung, -umwandlung	440,5	379,4	367,5	354,1	341,3	355,6	372,8	358,9	325,4
Industrie	169,7	127,1	118,4	115,4	112,7	106,6	102,9	97,1	90,5
Haushalte, GHD	218,7	197,5	198,6	181,6	185,7	185,1	177,5	152,1	141,8
Verkehr	158,0	172,6	176,7	181,9	188,3	181,0	170,3	154,4	147,0
Summe	**986,8**	**876,5**	**861,1**	**833,0**	**828,1**	**828,3**	**823,4**	**762,5**	**704,6**
Energiebedingte Treibhausgas-Emissionen									
Energiegewinnung, -umwandlung	477,8	408,6	395,7	379,6	363,6	373,6	381,9	367,4	333,2
Industrie	171,8	128,5	119,9	116,8	113,9	107,8	104,1	98,4	91,6
Haushalte, GHD	223,4	200,4	201,3	183,9	187,8	187,2	179,5	153,9	143,4
Verkehr	162,5	178,8	182,8	187,9	192,6	184,9	173,9	157,7	149,8
Summe	**1 035,6**	**916,3**	**899,6**	**868,2**	**858,0**	**853,5**	**839,5**	**777,4**	**718,0**

Tabelle 19

Indikatoren für die Entwicklung von Energieverbrauch und Emissionen im Referenzszenario in Deutschland: absolute Werte

	Einheit	1990	1998	2010	2020	2030	2040	2050
PEV (WM) pro Kopf	GJ/EW	188,10	177,09	174,22	169,16	164,11	162,85	166,64
PEV (SP) pro Kopf	GJ/EW	186,58	175,68	174,47	171,49	169,66	169,66	174,99
PEV (WM)/BIP	MJ/Euro	8,92	7,74	6,04	4,89	4,01	3,36	2,92
PEV (SP)/BIP	MJ/Euro	8,84	7,68	6,05	4,95	4,14	3,50	3,06
EEV Ind./Industrieprod.	MJ/Euro	13,47	11,91	9,59	7,85	6,81	3,01	5,12
EEV HH/m^2	MJ/m^2	859	881	761	692	641	592	558
EEV PV/Pkm	kJ/Pkm	k. A.	165	142	123	107	94	83
EEV GV/tkm	kJ/tkm	k. A.	1749	1562	1403	1280	1174	1080
Energieimportabhängigkeit (WM)	%	57,2	k. A.	75,2	76,9	79,5	78,5	77,4
Wert der Netto-Energieimporte	Mrd. Euro	25,2	k. A.	27,8	34,4	40,8	43,2	45,5
Netto-Energieimporte (WM)/BIP	%	1,5	k. A.	1,2	1,2	1,3	1,2	1,2
CO_2/BIP	g/TEuro	154,2	120,0	91,5	77,4	67,5	56,2	47,6
CO_2/Kopf	t/EW	12,4	10,5	10,1	10,3	10,6	10,4	10,4
CO_2/PEV (WM)	t/GJ	66,2	59,3	57,9	60,6	64,4	63,9	62,4
CO_2/PEV (SP)	t/GJ	66,7	59,8	57,8	59,8	62,3	61,3	59,4
Industrieprod./EEV Ind.	Euro/GJ	145,2	164,2	204,0	249,2	287,1	381,7	381,7

Erläuterungen: PEV = Primärenergieverbrauch; WM = Wirkungsgradmethode, SP = Substituionsansatz; EEV = Endenergieverbrauch.

Wachstums, auch wenn die Wachstumsraten im Zeitverlauf zurückgehen, verbrauchssteigernd aus.

Die Enquete-Kommission hat die beiden Grundannahmen – starker Bevölkerungsrückgang auf der einen, weitere gesamtwirtschaftliche Expansion auf der anderen Seite – kritisch diskutiert. So wird darauf hingewiesen, dass sich nicht zuletzt angesichts offener Grenzen und der Erweiterung der Europäischen Union andere Wanderungsbewegungen herausbilden könnten, die einer derart stark sinkenden Einwohnerzahl entgegenwirken würden. Auch wurde hinterfragt, ob bei einer derart rückläufigen Bevölkerungsentwicklung sich ein Wirtschaftswachstum in der angenommenen Größenordnung herausbilden kann. Andererseits reicht das unterstellte Wirtschaftswachstum wohl nicht aus, die Beschäftigungsprobleme in Deutschland zu lösen. Ungeachtet derartiger Erwägungen kann man sich durchaus andere Ausprägungen der wirtschaftlichen und energieseitigen Größen im Jahr 2050 vorstellen. Diese sind aber wohl kaum bedeutsam hinsichtlich der Schlussfolgerungen für die heute anstehenden Entscheidungen für den Weg zu einer nachhaltigen Energieversorgung in Deutschland. In diesem Sinne erscheint das Referenzszenario als Bezugsbasis für die Zielszenarien durchaus geeignet.

Die Entwicklung im Referenzszenario ist unter anderem wegen der Vorgabe des Auslaufens der Kernenergienutzung von einer weiter wachsenden Dominanz der fossilen Energieträger geprägt, deren Anteil am Primärenergieverbrauch von gut 84 % im Jahr 2000 bis 2030 auf rund 93 % steigt und danach bis 2050 leicht auf 90 % zurückgeht. Ob diese von fossilen Energieträgern dominierte Versorgungsstruktur auch in der Mitte des Jahrhunderts aus Ressourcenverfügbarkeitsgründen mit dem Leitbild einer nachhaltigen zukunftsfähigen Entwicklung zu vereinbaren ist, lässt sich allein aus nationaler Perspektive nicht beurteilen.

Eng verbunden mit der versorgungsseitigen Dominanz der fossilen Energieträger in der Referenzentwicklung ist die Entwicklung der Treibhausgasemissionen. Die energiebedingten CO_2- und Treibhausgasemissionen gehen insgesamt künftig zwar weiter zurück, doch bleiben sie hinter dem von der Bundesregierung verfolgten nationalen CO_2-Minderungsziel (– 25 % bis 2005 gegenüber 1990) sowie den von der Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ genannten langfristigen Minderungszielen deutlich zurück. Vergleichsweise nahe am Ziel liegt das Referenzszenario lediglich bei der von Deutschland im Rahmen des europäischen „burden sharing“ eingegangenen Verpflichtung, die Treibhausgasemissionen bis 2008/2010 um 21 % im Vergleich zu 1990 zu senken. Von diesem Ziel ist das Referenzszenario in 2010 lediglich 40 Mio. t. d. h. knapp 5 % entfernt. Was nun die Umweltbelastung durch andere luftgetragene Schadstoffe betrifft, so deuten ihre teilweise drastischen Reduktionen (– 60 bis – 90 %) im Referenzszenario darauf hin, dass hier ein Weg in Richtung Nachhaltigkeit eingeschlagen ist.

5.5 Szenarien alternativer Wege zur Reduktion von energiebedingten Treibhausgasen

Zur Analyse der Gestaltungsmöglichkeiten einer am Leitbild der nachhaltig zukunftsfähigen Entwicklung ausgerichteten Energieversorgung sowie zur Bewertung der diesbezüglichen Rolle und Bedeutung der verschiedenen heute bzw. zukünftig verfügbaren Optionen zur Bereit-

stellung von Energiedienstleistungen hat die Kommission verschiedene Szenarien alternativer denkbarer Entwicklungen des Energiesystems in der Bundesrepublik Deutschland entwickeln lassen. Die Szenarien sollten, soweit wie möglich, auch eventuelle Zielkonflikte hinsichtlich der verschiedenen Teilziele von Nachhaltigkeit im Energiebereich herausarbeiten.

Dazu dienten im wesentlichen drei Zielszenarien, die mit Blick auf die ökologische Dimension von Nachhaltigkeit eine weitgehende Reduktion der energiebedingten Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) unterstellen. Im Einzelnen sollen die energiebedingten THG-Emissionen im Vergleich zu denen des Jahres 1990 bis 2010 um 21 %; bis 2020 um 35 %, bis 2030 um 50 % und bis zum Jahr 2050 um 80 % reduziert werden.

Um das Referenzszenario als Vergleichsbasis heranziehen zu können, gehen die Zielszenarien von identischen sozio-ökonomischen Rahmenentwicklungen hinsichtlich der demographischen und gesamtwirtschaftlichen Entwicklung sowie bezüglich der Preisentwicklung bei den zu importierenden fossilen Energieträgern aus (siehe Tabelle 10). Wesentliche Unterschiede zwischen den Zielszenarien bestehen darin, wie der künftige Bedarf an Energiedienstleistungen unter Beachtung der Begrenzung für die Emission energiebedingter Treibhausgase gedeckt wird.

Im Szenario „Umwandlungseffizienz“ (besser charakterisiert als „klimaverträgliche Kohlenutzung“) liegt der Schwerpunkt auf der Effizienzsteigerung beim Einsatz fossiler Energieträger sowie dem Abbau von Hemmnissen bei der Ausschöpfung wirtschaftlicher Energieeinsparpotenziale. Insbesondere wird davon ausgegangen, dass zukünftig Technologien zur Kohlewandlung in Kraftwerken, Heizkraftwerken und Kohlevergasungsanlagen zur Verfügung stehen, die das anfallende CO_2 abtrennen und in geologischen Formationen einlagern. Die Stromerzeugung in KWK-Anlagen soll kontinuierlich ausgeweitet werden, so dass im Jahr 2050 mindestens 40 % des erzeugten Stroms mittels Kraft-Wärme-Kopplung erzeugt wird. Wie im Referenzszenario werden die bestehenden Kernkraftwerke gemäß der zwischen der Bundesregierung und den Kernkraftwerksbetreibern am 11. Juni 2001 geschlossenen Vereinbarung sukzessive stillgelegt. Weitere szenariospezifische Vorgaben sind Tabelle 20 zu entnehmen.

Tabelle 20

Szenarienübersicht

	Zeitpunkte	Referenz -szenario	Zielszenario 1 Umwandlungseffizienz	Zielszenario 2 REG-/REN-Offensive	Zielszenario 3 Fossil-nuklearer Energiemix
THG-Reduktionspfad (Mindestveränderung gegenüber 1990)	2010	– 14 % (CO_2)	– 21 % (THG)	– 21 % (THG)	– 21 % (THG)
	2020	– 15 % (CO_2)	– 35 % (THG)	– 35 % (THG)	– 35 % (THG)
	2030	Modellergebnis	– 50 % (THG)	– 50 % (THG)	– 50 % (THG)
	2040	Modellergebnis	– 65 % (THG)	– 65 % (THG)	– 65 % (THG)
	2050	Modellergebnis	– 80 % (THG)	– 80 % (THG)	– 80 % (THG)
Nachfrage nach EDL		abgeleitet aus Rahmendaten	wie Referenz	wie Referenz	wie Referenz
REG-Ausbau (Anteil am Nettostromverbrauch)	2010	> 8 %	> 12,5 % (EU-Ziel)	> 12,5 % (EU-Ziel)	> 12,5 % (EU-Ziel)
	2020	> 10 %	mind. wie Referenz	> 20 %	keine Vorgabe
	2030	> 15 %	mind. wie Referenz	> 30 %	keine Vorgabe
	2040	> 17,5 %	mind. wie Referenz	> 40 %	keine Vorgabe
	2050	> 20 %	mind. wie Referenz	> 50 %	keine Vorgabe
REG-Ausbau (Mindestanteil am Primärenergieverbrauch) (Wirkungsgradmethode)	2010	> 3,5 %	mind. wie Referenz	> 4 %	keine Vorgabe
	2020	> 4,4 %	mind. wie Referenz	> 8 %	keine Vorgabe
	2030	keine Vorgabe	mind. wie Referenz	> 16 %	keine Vorgabe
	2040	keine Vorgabe	mind. wie Referenz	> 33 %	keine Vorgabe
	2050	keine Vorgabe	mind. wie Referenz	> 50 %	keine Vorgabe
Ausbau KWK (Richtlinie FW 308) (Anteil am Nettostromverbrauch)	2010	> 10 %	> 20 %	keine Vorgabe	keine Vorgabe
	2020	> 15 %	> 22,5 %	keine Vorgabe	keine Vorgabe
	2030	> 16,7 %	> 28 %	keine Vorgabe	keine Vorgabe
	2040	> 18,3 %	> 34 %	keine Vorgabe	keine Vorgabe
	2050	> 20 %	> 40 %	keine Vorgabe	keine Vorgabe

noch Tabelle 20

	Zeit-punkte	Referenz -szenario	Zielszenario 1 Umwandlungs-effizienz	Zielszenario 2 REG-/REN-Offensive	Zielszenario 3 Fossil-nuklearer Energiemix
Nutzung der Kernenergie		gemäß Vereinbarung vom 11 Juni 2001	gemäß Vereinbarung vom 11. Juni 2001	gemäß Vereinbarung vom 11. Juni 2001	Bau neuer Kernkraft-werke möglich ab 2010
Nutzung heimischer Steinkohle (in PJ)	2010	> 750	> 300	> 300	> 300
	2020	> 500	keine Vorgabe	keine Vorgabe	keine Vorgabe
	2030	keine Vorgabe	keine Vorgabe	keine Vorgabe	keine Vorgabe
	2040	keine Vorgabe	keine Vorgabe	keine Vorgabe	keine Vorgabe
	2050	keine Vorgabe	keine Vorgabe	keine Vorgabe	keine Vorgabe
Nutzung heimischer Braunkohle (in PJ)	2010	> 1400	> 500	> 500	> 500
	2020	> 1400	> 200	> 200	> 200
	2030	keine Vorgabe	keine Vorgabe	keine Vorgabe	keine Vorgabe
	2040	keine Vorgabe	keine Vorgabe	keine Vorgabe	keine Vorgabe
	2050	keine Vorgabe	keine Vorgabe	keine Vorgabe	keine Vorgabe
CO_2-Abscheidung/ -Deponierung		nicht zulässig	zulässig bei Braunkohlekond.-Kraftwerk Steinkohlekond-Kraftwerk Steinkohle-Heizkraftwerk aber Deponierung nur in EU	nicht zulässig	zulässig bei Braunkohlekond.-Kraftwerk Steinkohlekond.-Kraftwerk Steinkohle-Heizkraftwerk aber Deponierung nur in EU
Import von REG-Strom (Anteil am Bruttostrom-verbrauch)	2020	keine Vorgabe	bis zu 2,5 %	bis zu 5 %	keine Vorgabe
	2030	keine Vorgabe	bis zu 5 %	bis zu 10 %	keine Vorgabe
	2040	keine Vorgabe	bis zu 7,5 %	bis zu 15 %	keine Vorgabe
	2050	keine Vorgabe	bis zu 10 %	bis zu 20 %	keine Vorgabe
REN		Fortschreibung	verstärkt gegenüber Referenz	verstärkt gegenüber Referenz	Ausschöpfung kosteneffizienter Potenziale
Mindestanforderungen Neubau	ab 2002	gemäß EnEV	mind. wie Referenz	mind. wie Referenz	keine Vorgabe
	2020	EnEV – 15 %	mind. wie Referenz	mind. wie Referenz	keine Vorgabe
	2030	EnEV – 30 %	mind. wie Referenz	mind. wie Referenz	keine Vorgabe
	2050	EnEV – 40 %	mind. wie Referenz	mind. wie Referenz	keine Vorgabe
Mindestanforderungen Altbaurenovierung	ab 2002	gemäß EnEV	mind. wie Referenz	mind. wie Referenz	keine Vorgabe
	2020	EnEV – 15 %	mind. wie Referenz	mind. wie Referenz	keine Vorgabe
	2030	EnEV – 30 %	mind. wie Referenz	mind. wie Referenz	keine Vorgabe
	2050	EnEV – 50 %	mind. wie Referenz	mind. wie Referenz	keine Vorgabe
Sanierungsrate Altbau Wohngeb.	bis 2010	0,5 %/a	1,0 %/a	1,0 %/a	1,0 %/a
	bis 2020	0,5 %/a	1,5 %/a	1,5 %/a	1,5 %/a
	bis 2030	0,5 %/a	2,0 %/a	2,0 %/a	2,0 %/a
	nach 2030	0,5 %/a	2,5 %/a	2,5 %/a	2,5 %/a
Verkehr			höherer Anteil nicht-motorisierter Verkehr	nochmals höherer Anteil nicht-motorisierter Verkehr	höherer Anteil nicht-motorisierter Verkehr
			gegenüber Referenz veränderter Modal-split	gegenüber Referenz weiter veränderter Modal-split	gegenüber Referenz veränderter Modal-split

noch Tabelle 20

	Zeit-punkte	Referenz -szenario	Zielszenario 1 Umwandlungs-effizienz	Zielszenario 2 REG-/REN-Offensive	Zielszenario 3 Fossil-nuklearer Energiemix
Mindestanteil Biomasse an Treibstoffen	2010	keine Vorgabe	6 %	6 %	keine Vorgabe
	2020	keine Vorgabe	12 %	12 %	keine Vorgabe
	2030	keine Vorgabe	12 %	15 %	keine Vorgabe
	2040	keine Vorgabe	dito	dito	keine Vorgabe
	2050	keine Vorgabe	dito	dito	keine Vorgabe
Mindestanteil Wasserstoff betriebener Busse	2010	keine Vorgabe	0 %	0 %	keine Vorgabe
	2020	keine Vorgabe	0 %	2 %	keine Vorgabe
	2030	keine Vorgabe	0 %	6 %	keine Vorgabe
	2040	keine Vorgabe	0 %	12 %	keine Vorgabe
	2050	keine Vorgabe	0 %	24 %	keine Vorgabe
Mindestanteil Wasserstoff betriebener Flugzeuge	2010	keine Vorgabe	0 %	0 %	keine Vorgabe
	2020	keine Vorgabe	0 %	0 %	keine Vorgabe
	2030	keine Vorgabe	0 %	1 %	keine Vorgabe
	2040	keine Vorgabe	0 %	2 %	keine Vorgabe
	2050	keine Vorgabe	0 %	5 %	keine Vorgabe

Das zweite Zielszenario „REG-/REN-Offensive“ ist dadurch charakterisiert, dass die Energieversorgung vornehmlich auf der Basis erneuerbarer Energiequellen erfolgen soll, bei gleichzeitig forcierter Umsetzung von Energieeinsparmaßnahmen. Die Nutzung erneuerbarer Energiequellen zur Bereitstellung von Strom, Wärme und Treibstoffen soll im Zeitverlauf so ausgeweitet werden, dass im Jahr 2050 mindestens 50 % der Stromerzeugung und 50 % des gesamten Primärenergieverbrauchs aus erneuerbaren Energiequellen stammen. Ergänzend zur heimischen Nutzung erneuerbarer Energie besteht auch die Möglichkeit, REG-Strom aus anderen europäischen Ländern und aus Nordafrika zu importieren. Im Jahr 2050 kann der Import bis zu 20 % der Stromnachfrage abdecken. Im Verkehrsbereich werden verstärkt regenerativ erzeugter Wasserstoff und Biotreibstoffe eingesetzt. Die Bahnen und die Schifffahrt sowie der öffentliche Personenverkehr und der nichtmotorisierte Verkehr übernehmen einen größeren Teil der Güter- und Personenverkehrsleistung. Die Kernenergienutzung läuft entsprechend der Vereinbarung zwischen der Bundesregierung und den Kernkraftwerksbetreibern aus. Eine Abtrennung und Deponierung von CO_2 aus der Kohlenutzung ist nicht zugelassen. Weitere szenariospezifische Vorgaben sind Tabelle 20 zu entnehmen.

Das dritte Zielszenario, das die wenig treffende Bezeichnung „Fossil-nuklearer Energiemix“ trägt, ist dadurch gekennzeichnet, dass die ökologischen Nachhaltigkeitsziele (speziell die Minderung der THG-Emissionen) im Hinblick auf die ökonomische und soziale Dimension von Nachhaltigkeit möglichst effizient und unter Nutzung der Steuerungsmechanismen von Märkten erreicht werden sollen. Die Energiepolitik setzt die Rahmenbedingungen so, dass liberalisierte wettbewerbliche Märkte und nicht der Staat die Technologien und Wege zu einer nachhaltigen Energieversorgung auswählen. Die Anstrengungen für FuE im Energiebereich werden ausgeweitet, um technologische Fortschritte und Innovationen zu ermöglichen, Energie rationeller zu nutzen, Umwelteinwirkungen der Energienutzung zu reduzieren, den Ressourcenaufwand für die Bereitstellung von Energiedienstleistungen zu vermindern und die technisch wirtschaftlich verfügbare Energiebasis zu erweitern. Energietechnologien, die effiziente Beiträge zu einer nachhaltigen Energieversorgung leisten können, werden politisch nicht ausgegrenzt. Ökologische Lenkungssteuern, die dem Verursacherprinzip widersprechen, werden abgeschafft.

Maßnahmen zur Energieeinsparung in allen Bereichen werden in dem Umfang ausgenutzt, wie sie einen effizienten Beitrag zur Erreichung der Nachhaltigkeitsziele leisten können. Auch der Umfang der Nutzung der verschiedenen erneuerbaren Energien ergibt sich nach diesem Kriterium.

CO_2-Minderungspotenziale von Technologien mit höheren Energienutzungsgraden sowie Effizienzverbesserungsmöglichkeiten durch Steigerung der Anlagenleistung werden bewusst ausgenutzt. Der Zubau neuer Kernkraftwerke ist ab 2010 möglich. Er erfolgt genau wie die CO_2-Abtrennung und -speicherung aus Kohleumwandlungsanlagen nur insoweit damit auch effiziente Beiträge zur Erreichung der CO_2-Minderungsziele verbunden sind. Weitere szenariospezifische Vorgaben sind Tabelle 20 zu entnehmen.

Die quantitative Ausgestaltung der Zielszenarien folgt dabei grundsätzlich dem Prinzip, im Rahmen der szenariospezifischen Vorgaben und Randbedingungen, diejenigen Maßnahmen auf der Seite der Energiebereitstellung und der energiedienstleistungsorientierten Energieanwendung umzusetzen, die die vorgegebenen THG-Reduktionsziele mit den geringsten Mehrkosten erreichen. Dabei wird auf der Basis der gesamtwirtschaftlichen Kosten vorgegangen. Sofern Steuern, Abgaben und Subventionen

eine bedeutende Größenordnung erreichen, können erhebliche Unterschiede zwischen den gesamtwirtschaftlichen und einzelwirtschaftlichen Kosten bestehen. In der realen Welt dienen Steuern und Subventionen dazu, dass individuelle Verhalten der Marktakteure zu beeinflussen, soweit es sich an einzelwirtschaftlichen Kalkülen orientiert. In der Szenariowelt wird von Steuern und Subventionen abstrahiert, um THG-Reduktionsstrategien zu entwickeln, die im Rahmen der Szenariovorgaben unter gesamtwirtschaftlichen Aspekten kostengünstig sind. Wie die daraus resultierenden Mehr- oder Minderbelastungen letztlich auf die verschiedenen gesellschaftlichen Gruppen bzw. wirtschaftlichen Sektoren umverteilt werden, hängt dann von den eingesetzten Instrumenten (z. B. Steuern, Subventionen etc.) ab.

Ergebnisse der Szenarienanalyse

Die Entwicklung des Energiesystems bezüglich Energieverbrauch und seinen Deckungsstrukturen wird in den drei Zielszenarien trotz der unterschiedlichen Szenariophilosophien wesentlich mitbestimmt durch die gegenüber der Referenzentwicklung bestehende Notwendigkeit, vorgegebene Treibhausgasminderungsziele zu erreichen. So müssen die energiebedingten Treibhaus-(THG) Emissionen im Jahr 2010 um 40,1 Mio t CO_2, in 2020 um 180,5 Mio t CO_2, in 2030 um 321,8 Mio t CO_2 und im Jahr 2050 um 511 Mio t CO_2 unter denen des Referenzszenarios liegen.

Endenergieverbrauch

Der Endenergieverbrauch sinkt in allen Zielszenarien bis zum Ende des Betrachtungszeitraumes deutlich stärker als im Referenzszenario (siehe Bild 26). Im Jahr 2050 liegt er im Szenario Umwandlungseffizienz mit 6760 PJ um 18 %, im Szenario REG-/REN-Offensive mit 5900 PJ um 28 % und im Szenario Fossil-nuklearer Energiemix mit 7230 PJ um 12 % unter dem des Referenzszenarios. Im Vergleich zum Jahr 1998 bedeutet dies einen Rückgang des gesamten Endenergieverbrauchs von 24 bis 38 %.

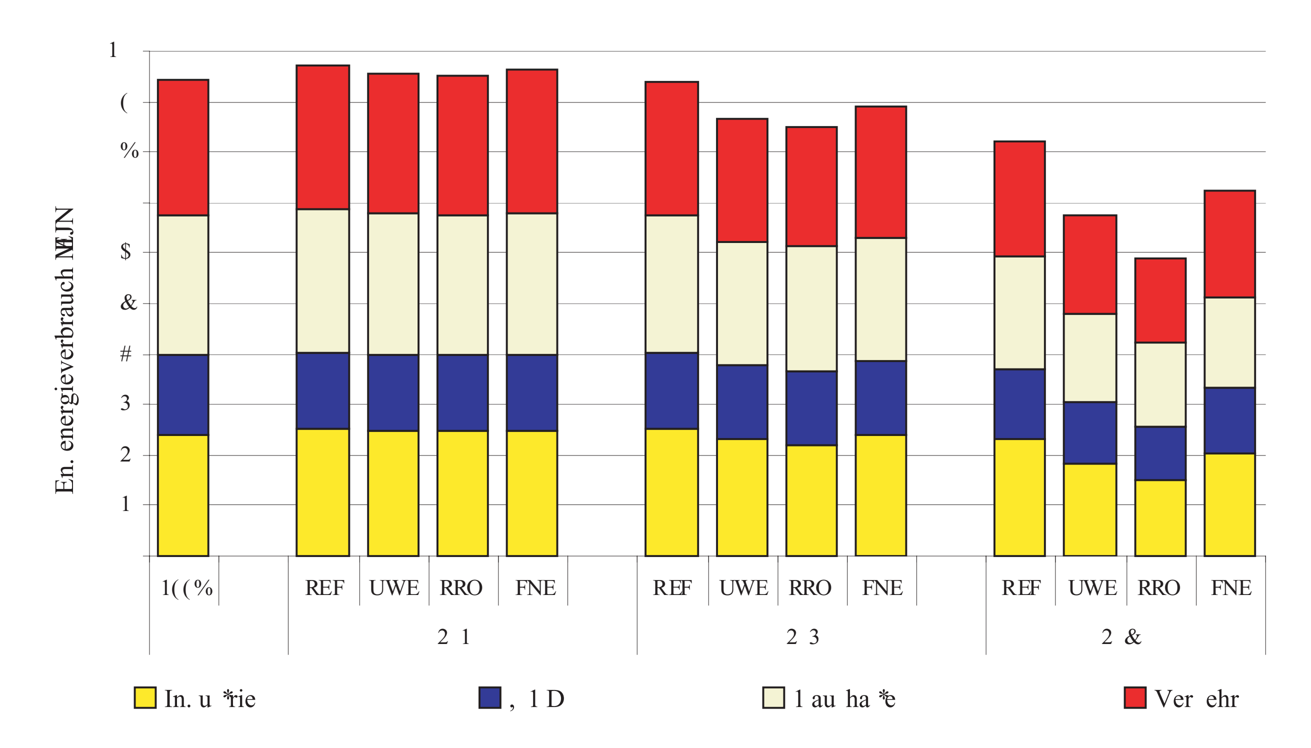
Wesentliche Ursachen für die in allen Zielszenarien deutlich reduzierten Endenergieverbräuche liegen zum einen in der weitergehenden Ausschöpfung von technischen Energieeinsparpotenzialen. Des weiteren tragen auch in allen Szenarien wachsende Strom- und Fern-/Nahwärmeanteile aufgrund ihrer höheren Effizienz bei der Bereitstellung von Energiedienstleistungen zu dieser Entwicklung bei.

Die Unterschiede im sich einstellenden Niveau des Endenergieverbrauchs in den Zielszenarien resultieren primär aus den unterschiedlichen Kosten (einschließlich der implizierten CO_2-Minderungskosten), zu denen die Endenergieträger bereitgestellt werden. Die insbesondere im Szenario REG-/REN-Offensive höheren Energieträgerkosten führen zu einer weitergehenden Nutzung von technischen Energieeinsparmöglichkeiten bei der Energieanwendung.

Der Endenergieverbrauch der privaten Haushalte geht in den Zielszenarien überproportional stark zurück. Dies ist bedingt durch eine gegenüber der Referenzentwicklung deutlich erhöhten Rate energetischer Sanierungen bei den bestehenden Gebäuden. Die nach und nach steigende Sanierungsintensität führt dazu, dass der Endenergieverbrauch für Raumheizung und Warmwasser in den Szenarien um 20

Bild 26

Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Sektoren, in EJ



bis 26 % unter dem des Referenzszenarios liegt und im Vergleich zum Jahr 1998 um 35 bis 40 % geringer ist.

Mit der Reduktion des Raumwärmeverbrauchs vollzieht sich in allen Zielszenarien auch eine weitgehende Substitution der CO_2-behafteten Energieträger Heizöl und Erdgas im Bereich der privaten Haushalte. Die Fern- und Nahwärme wird verstärkt genutzt. Im Szenario Umwandlungseffizienz ist dies besonders ausgeprägt, aufgrund der Vorgabe einer steigenden KWK-Quote an der Stromerzeugung, die im Jahr 2050 mindestens 40 % betragen muss. Die Substitution fossiler Brennstoffe durch Strom und solarthermische Wärmeerzeugung weist szenariospezifische Unterschiede auf. Im Szenario REG-/REN-Offensive erfolgt der Hauptbeitrag durch solarthermische Warmwasser- und Raumwärmesysteme. Die elektrische Wärmepumpe sowie die damit verbundene Nutzung von Umgebungswärme erreicht geringe Deckungsanteile. Im Szenario Fossil-nuklearer Energiemix wird dagegen am Ende des Betrachtungszeitraumes aufgrund des hier zur Verfügung stehenden kostengünstigen CO_2-freien Stroms die elektrische Wärmepumpe zum wichtigsten Wärmeversorgungssystem.

Im Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen ist der Rückgang des Endenergieverbrauchs im Vergleich zum Bereich der privaten Haushalte weniger stark ausgeprägt, was an der geringeren Bedeutung des Energieeinsatzes für die Gebäudeenergieversorgung liegt. Auch hier weiten die Energieträger Strom, Nah- und Fernwärme und die solare Wärme ihre Anteile zu Lasten von Erdgas und Mineralölproduktion im Zeitverlauf erheblich aus.

Der Endenergieverbrauch der Industrie sinkt in den Zielszenarien bis zum Jahr 2050 auf 87 bis 65 % der Werte im Referenzszenario ab. Bei einer sich im Zeitraum von 1998 bis 2050 mehr als verdoppelnden Industrieproduktion resultiert daraus eine auf die Bruttowertschöpfung der Industrie bezogene Verringerung des spezifischen Endenergieverbrauches in diesem Zeitraum von 62 bis 72 %. Auch hier bewirken die in den Zielszenarien unterschiedlichen Kosten der Endenergie eine mehr oder weniger weitgehende Ausschöpfung technischer Energieeinsparungsmöglichkeiten.

Auch im Verkehrsbereich zeigen die Zielszenarien im Zeitverlauf eine teilweise deutliche Reduktion des Energieverbrauchs gegenüber der Referenzentwicklung. Neben einer weiteren Reduktion der spezifischen Kraftstoffverbräuche ist der Verbrauchsrückgang Folge eines veränderten Modal-Splits, der entsprechend den Vorgaben der Kommission zu höheren Beiträgen des öffentlichen Personennahverkehrs, der Bahnen und des nichtmotorisierten Individualverkehrs an der Deckung der Personenverkehrsleistung führt. Im Szenario REG-/REN-Offensive sind diese strukturellen Verschiebungen besonders ausgeprägt. Gegenüber dem Referenzszenario sinkt hier bis 2050 die Verkehrsleistung des motorisierten Individualverkehrs um 263 Mrd. Pkm (33 %) und der nichtmotorisierte Individualverkehr (Fußwege und Fahrradverkehr) soll um rd. 80 Mrd. Pkm (d. h. 1180 km pro Einwohner und Jahr) zunehmen.

Der Kraftstoffverbrauch der Pkw-Flotte sinkt im Jahr 2050 gegenüber der Referenz (4,65 l Benzinäquivalent je 100 km) im Szenario Umwandlungseffizienz um 14 %, im Szenario REG-/REN-Offensive um 30 % und im Szenario Fossil-nuklearer Energiemix um 11 %. Der Verbrauch von Dieselkraftstoff aber insbesondere der Benzinverbrauch geht in allen Zielszenarien deutlich zurück. Kraftstoffe auf Basis von Biomasse (Biokraftstoffe) sind die wesentlichen Substitute für Benzin und Diesel. Mit der Ausweitung des schienengebundenen Verkehrs aber auch über eine gegen Ende des Betrachtungszeitraumes verstärkte Nutzung elektrischer Straßenfahrzeuge (Linienbusse, Stadtfahrzeuge) nimmt auch der Stromeinsatz im Verkehrsbereich zu. Im Szenario REG-/REN-Offensive tragen auch noch Erdgas, Methanol und entsprechend den Vorgaben der Kommission Wasserstoff (in Bussen und Flugzeugen) zur Deckung des Endenergiebedarfs im Verkehr bei.

Die bereits angesprochenen sektoralen Veränderungen bezüglich der eingesetzten Endenergieträger führen insgesamt zu einer deutlichen Veränderung der Energieträgerstruktur des Endenergieverbrauchs. Wie aus Bild 27 ersichtlich, gewinnen die leitungsgebundenen Endenergieträger Strom und Fernwärme sowie die regenerativen Energien (Biomasse, Umgebungswärme, solare Wärme) an Bedeutung. Der Erdgasverbrauch nimmt zunächst noch weiter zu, geht aber nach 2020 bzw. 2030 mit den sich verschärfenden THG-Reduktionserfordernissen ebenso wie der Verbrauch an Mineralölprodukten deutlich zurück.

Strom ist am Ende des Betrachtungszeitraumes in allen Zielszenarien der mengenmäßig bedeutsamste Endenergieträger. Im Szenario Fossil-nuklearer Energiemix ist aufgrund der vergleichsweise kostengünstigen Stromerzeugung mittels Kernenergie sein Anteil am Endenergieverbrauch mit 38,5 % in 2050 am größten. Im Szenario REG-/REN-Offensive ist der Stromanteil mit 26,3 % zwar kleiner, aber immer noch größer als der der regenerativen Energien (24,2 %).

Obwohl der Endenergieverbrauch an Strom in allen Szenarien zunächst bis 2020 weiter ansteigt, ist seine weitere Entwicklung szenarienspezifisch sehr unterschiedlich. Im Szenario REG-/REN-Offensive geht er bis 2050 auf 430 TWh zurück und liegt dann um 9 % unter dem Verbrauch des Jahres 1998. In den Szenarien Umwandlungseffizienz und Fossil-nuklearer Energiemix nimmt er weiter auf 590 bzw. 773 TWh in 2050 zu und ist damit 25 % bzw. 63 % höher als 1998. Die wesentliche Ursache für diese Differenzen in der Stromverbrauchsentwicklung liegen in dem unterschiedlichen Niveau der Stromerzeugungskosten in den drei Szenarien. Niedrige Stromerzeugungskosten, wie im Szenario Fossil-nuklearer Energiemix, ermöglichen dabei deutlich größere Beiträge einer Ausweitung der Stromanwendung zu einer gesamtwirtschaftlich effizienten Minderung energiebedingter Treibhausgase.

Stromerzeugung

Mit Blick auf die unterschiedliche Philosophie der drei Zielszenarien war zu erwarten, dass die Entwicklung der Elektrizitätserzeugung in den Zielszenarien nach grundsätzlich anderen Mustern verläuft und sich sehr unterschiedliche Erzeugungsstrukturen herausbilden werden. Aus der Gegenüberstellung der Entwicklung der Nettostrombereitstellung nach Energieträgern in Bild 28 und Tabelle 21 ist dies unschwer zu erkennen.



Bild 27

Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Energieträgern in EJ

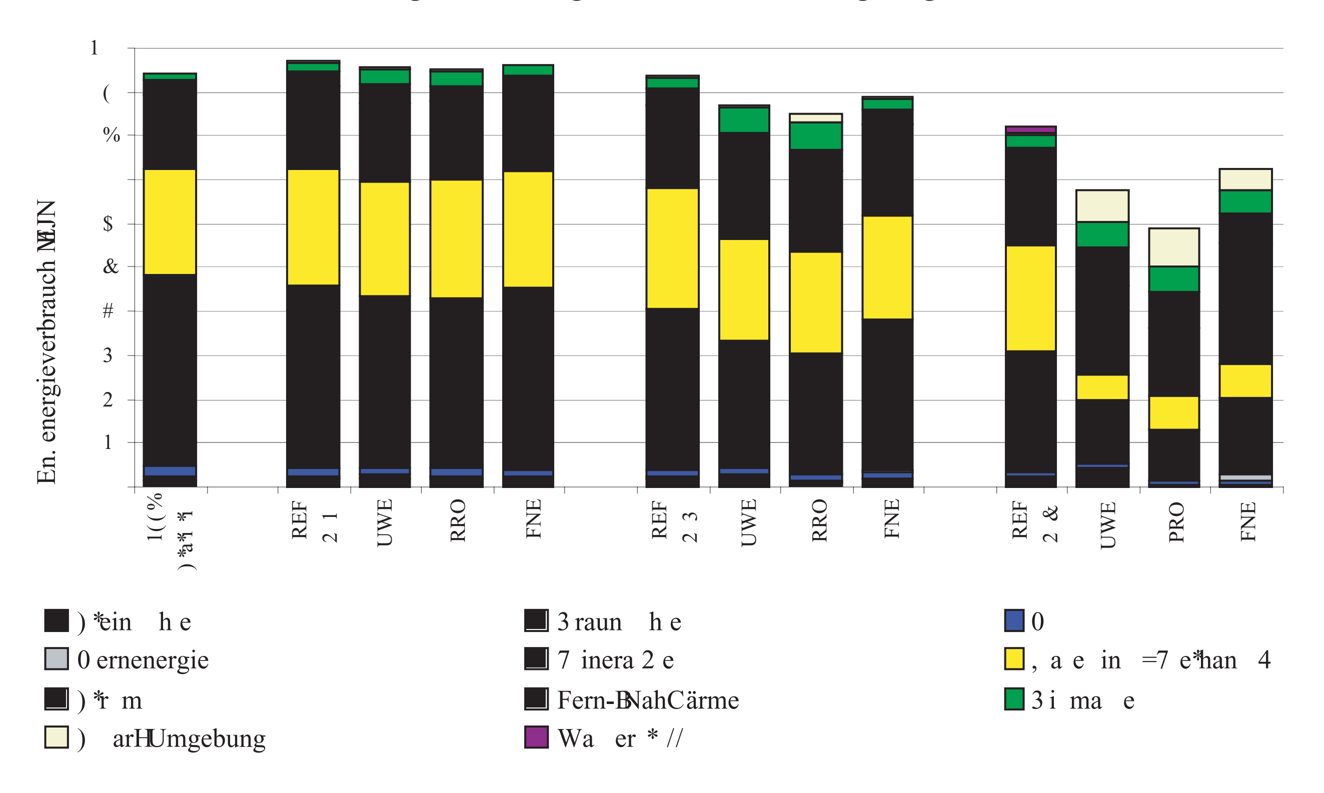


Bild 28

Struktur der Nettostrombereitstellung nach Energieträgern in %

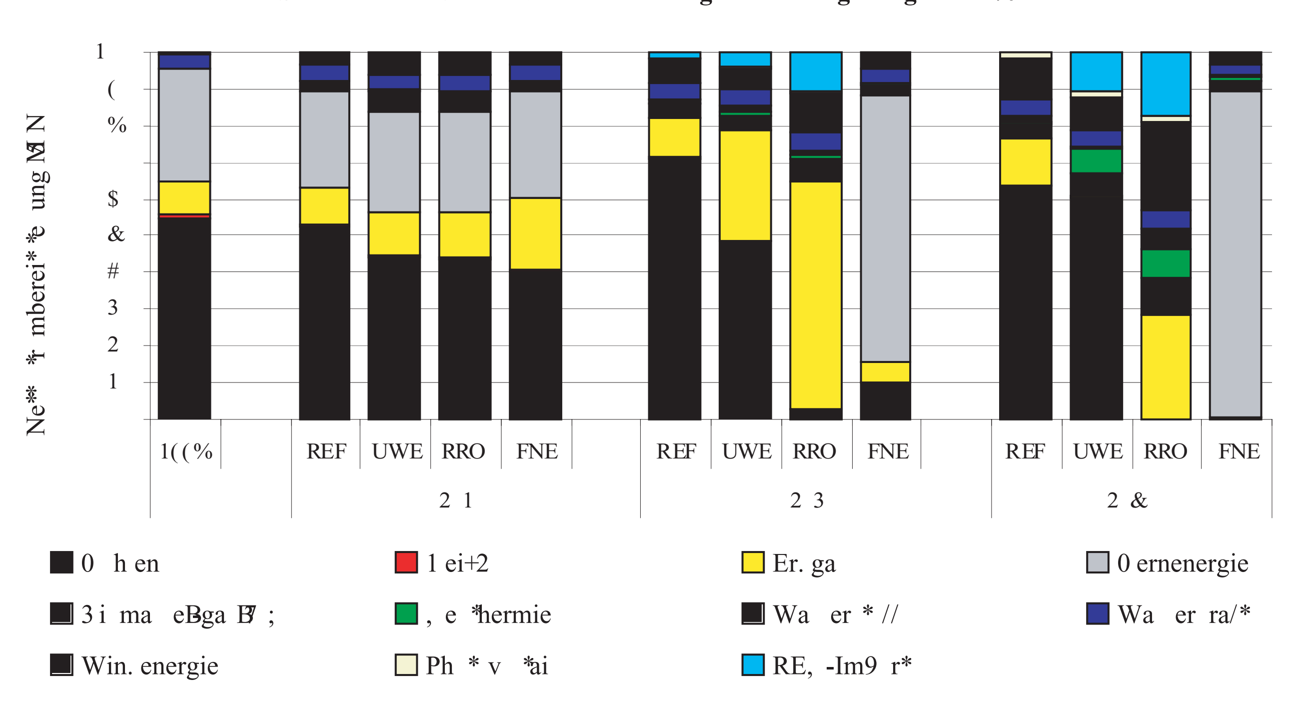


Tabelle 21

Nettostrombereitstellung nach Energieträgern in TWh

	Statistik	2010				2030				2050			
	1998	REF	UWE	RRO	FNE	REF	UWE	RRO	FNE	REF	UWE	RRO	FNE
Kohlen	271,5	294,1	235,5	233,2	221,9	403,8	260,2	14,0	63,5	354,8	372,7	0,0	0,0
Kernenergie	153,1	146,5	146,5	146,5	158,3	0,0	0,0	0,0	457,0	0,0	0,0	0,0	755,0
Heizöl	6,3	3,9	3,4	2,8	3,9	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Erdgas	43,4	54,7	62,0	63,3	108,4	61,6	164,1	331,0	35,3	68,4	4,6	159,8	4,6
Wasserkraft	21,1	23,4	23,4	23,4	23,4	25,3	25,3	25,3	25,3	25,7	25,7	25,7	24,9
Windenergie	2,0	19,7	31,5	31,5	19,7	38,5	30,3	58,8	26,8	62,5	56,8	137,2	26,8
Photovoltaik	0,0	0,2	0,2	0,2	0,2	1,4	1,4	1,4	0,7	9,1	9,1	9,1	0,6
Geothermie	0,0	0,0	0,4	0,4	0,0	1,4	6,9	6,9	0,3	2,4	41,3	41,3	8,0
Wasserstoff	0,0	0,4	1,4	1,1	0,4	5,2	7,5	5,9	1,6	8,8	6,4	34,6	6,4
Biomasse/-gas/Müll	0,0	16,0	29,6	30,3	15,3	20,2	20,6	33,2	19,6	23,1	35,1	59,8	23,1
REG-Import	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,0	21,4	56,9	0,0	0,0	65,4	98,2	0,0
Summe	**497,4**	**559,0**	**533,8**	**532,6**	**551,4**	**568,3**	**537,8**	**533,4**	**630,1**	**554,7**	**617,0**	**565,8**	**849,3**

Im Szenario Umwandlungseffizienz bleibt die Kohle über den gesamten Betrachtungszeitraum der wichtigste Energieträger für die Stromerzeugung. Angesichts der sich im Zeitverlauf drastisch verschärfenden THG-Reduktionsanforderungen ist dies nur möglich, wenn wie in diesem Szenario unterstellt, Kohlekraftwerkstechnologien verfügbar sind, die eine Freisetzung von CO_2 im Kraftwerk weitgehend verhindern und das entstehende CO_2 z. B. in geologischen Formationen (z. B. ausgenutzte Erdgaslagerstätten, Aquifere) eingelagert werden kann. Um die Treibhausgasminderungsvorgaben zu erreichen, müssten nach 2015 kontinuierlich anwachsende Mengen an CO_2 (280 Mio. t in 2050) entsorgt werden. Die in Europa verfügbaren CO_2-Speicherkapazitäten würden hierfür, auch über das Jahr 2050 hinaus, ausreichend sein. Mit dem Auslaufen der Kernenergienutzung gewinnt im Szenario Umwandlungseffizienz auch die Stromerzeugung aus Erdgas an Bedeutung. Sie steigt vom 48,8 TWh im Jahr 1998 auf 187 TWh im Jahr 2030 an und geht bis 2050 auf 124 TWh zurück. Um die Vorgabe eines REG-Anteils von mehr als 12,5 % an der gesamten Stromerzeugung im Jahr 2010 zu erreichen, wird die Windstromerzeugung bis zu diesem Zeitpunkt stark ausgebaut (von 4,5 TWh in 1998 auf 31,5 TWh in 2010). Sie verbleibt danach auf diesem Niveau. Gegen Ende des Betrachtungszeitraumes erfolgt dann auch eine Ausweitung der Stromerzeugung auf Basis von Biomasse und geothermischer Energie. Steigende Preise für die fossilen Energieträger und sinkende Investitionskosten der Biomasse- und Geothermiekraftwerke bzw. Heizkraftwerke ermöglichen effiziente Beiträge zur Erreichung des THG-Minderungsziels von – 80 % im Jahr 2050. Auch der Import von regenerativ erzeugtem Strom nimmt ab 2020 zu. Im Jahr 2050 werden 67 TWh REG-Strom importiert. Zur Nettostrombereitstellung im Jahr 2050 tragen im Szenario Umwandlungseffizienz die Kohlen 46,2 %, die regenerativen Energien 31,3 % und das Erdgas 19,5 % bei. Die Entwicklungen in diesem Szenario zeigen, dass bei einem Verzicht auf eine weitere Nutzung der Kernenergie die technische Option einer weitgehend CO_2-freien fossilen Kraftwerkstechnik aus gesamtwirtschaftlicher Sicht ökonomisch attraktiver für die Reduktion der THG-Emissionen ist als eine Ausweitung der Nutzung erneuerbarer Energien.

Das Szenario REG-/REN-Offensive setzt auf eine derartige Ausweitung der Nutzung erneuerbarer Energien, auch im Bereich der Strombereitstellung. Aus Abbildung 11 und Tabelle 13 ist zu entnehmen, dass die Stromerzeugung aus regenerativen Energien kontinuierlich zunimmt und sich bis 2050 gegenüber der Referenzentwicklung mehr als verdreifacht. Mit einer Erzeugung von 260 TWh und einem Import von REG-Strom von fast 100 TWh tragen die erneuerbaren Energien mit fast 64 % zur Stromerzeugung im Jahr 2050 bei. Die Kohlestromerzeugung läuft bis zum Jahr 2030 aus (die Option einer CO_2-Entsorgung ist in diesem Szenario nicht zugelassen), so dass nur noch Erdgas eine signifikante Bedeutung als nichtregenerativer Energieträger in der Stromerzeugung hat. Mit dem Auslaufen der Kernenergie- und Kohlestromerzeugung erfolgt zunächst eine massive Ausweitung der Erdgasstromerzeugung von 48,8 TWh im Jahr 1998 auf 331 TWh im Jahr 2030. Bis zum Jahr 2050 sinkt die Erdgasstromerzeugung dann wieder auf 160 TWh ab.

Die Windstromerzeugung entwickelt sich in diesem Szenario zur wichtigsten Quelle regenerativer Stromerzeugung. Bis 2050 steigt die Windstromererzeugung auf 137 TWh an. Damit würden die Windenergiepotenziale auf dem Festland mit mittleren Windgeschwindigkeiten von wenigstens 4,5 m/s und im Offshore-Bereich mit Wassertiefen von bis zu 30 m vollständig ausgeschöpft. Eine kräftige Ausweitung erfährt auch die Biomassenutzung (Reststoffbiomasse und Energiepflanzen), die insbesondere durch KWK-Anlagen zur Stromerzeugung beiträgt (Stromerzeugung rd. 50 TWh in 2050). Ein ähnlich

großer Beitrag (41,3 TWh) wird im Jahr 2050 von der Geothermie geleistet. Die unterstellte Verfügbarkeit der Hot-Dry-Rock-Technologie erlaubt dabei eine Nutzung der Geothermie sowohl zur gekoppelten Erzeugung von Strom und Wärme wie auch zur reinen Stromerzeugung. Die Potenziale der Stromerzeugung aus Wasserkraft werden mit 23,9 TWh weitgehend ausgeschöpft. Die photovoltaische Stromerzeugung erlangt keine energiewirtschaftliche Bedeutung.

Die vergleichsweise geringen Volllastbenutzungsstunden der angebotsabhängigen Windstromerzeugung und ihre nur geringen Beiträge an gesicherter Leistung führen dazu, dass die zur Deckung der Stromnachfrage notwendigen Kraftwerkskapazitäten in Relation zur Stromerzeugung deutlich größer sein müssen als in den anderen Zielszenarien (siehe Tabelle 22).

Gänzlich anders entwickelt sich die Stromerzeugungsstruktur im Szenario Fossil-nuklearer Energiemix. Aufgrund der niedrigen CO_2-Minderungskosten einer Stromerzeugung auf Basis Kernenergie erfolgt nach 2010 ein stetiger Zubau von Kernkraftwerksleistung, so dass der Anteil der Kernenergie an der Netto-Strombereitstellung von derzeit 31 % auf 89 % im Jahr 2050 ansteigt. Dabei werden rund 9 % des von Kernkraftwerken erzeugten Stroms gekoppelt erzeugt. Die Wärme wird in bestehende Fernwärmenetze eingespeist oder von der Industrie genutzt. Die Kohlestromerzeugung läuft bis zum Jahr 2050 aus. Erdgas wird am Ende des Betrachtungszeitraumes nur noch zur Spitzenlastdeckung eingesetzt.

Das Potenzial der Lauf- und Speicherkraftwerke wird ausgeschöpft, so dass rd. 24 TWh Strom erzeugt werden. Die Windstromerzeugung steigt bis 2010 im Vergleich zu 1998 um einen Faktor vier, um die vorgegebene REG-Stromquote zu erfüllen. Längerfristig verbleibt sie auf einem Niveau von 26,8 TWh/a. Kleinere Beiträge zur Stromversorgung tragen gegen Ende des Betrachtungszeitraumes noch die Biomasse und die Geothermie bei. Insgesamt verbleibt der Beitrag der regenerativen Stromerzeugung relativ konstant bei rd. 9 % und ist damit deutlich geringer als im Referenzszenario.

Primärenergieverbrauch

Der sich aus der Entwicklung des Endenergieverbrauchs und der Stromerzeugung ergebende Primärenergieverbrauch in den Zielszenarien ist in Tabelle 23 dem der Referenzentwicklung gegenübergestellt. Obwohl sich das Bruttosozialprodukt bis 2050 nahezu verdoppelt, ist der Primärenergieverbrauch in allen Szenarien rückläufig.

Wie in Abbildung 29 dargestellt, reduziert sich die Energieintensität des Bruttoinlandsproduktes (spezifischer Primärenergieverbrauch je BIP) von 9 MJ/Euro 95 auf Werte zwischen 3,5 und 2,3 MJ/Euro 95 im Jahr 2050. Die Unterschiede in der Entwicklung der Energieintensitäten zwischen den Zielszenarien resultieren primär daraus (wenn man von den Verzerrungen durch die primärenergetische Bewertung der erneuerbaren Energien nach der Wirkungsgradmethode absieht), dass für eine gesamtwirtschaftlich kosteneffiziente Deckung des Energiedienstleistungsbedarfs technische Einsparmöglichkeiten mit höheren Kosten nicht ausgeschöpft werden müssen, wenn günstige CO_2-freie Energiebereitstellungsmöglichkeiten zur Verfügung stehen.

Neben der am Ende des Betrachtungszeitraumes unterschiedlichen Höhe des Primärenergieverbrauchs weist auch die Struktur der genutzten Primärenergieträger deutliche Unterschiede auf. Im Szenario Umwandlungseffizienz dominieren die fossilen Energieträger. Kohle, Erdöl und Erdgas decken fast 70 % des Primärenergieverbrauchs in 2050. Der Rest entfällt auf erneuerbare Energiequellen. Im Szenario REG-/REN-Offensive werden entsprechend den Vorgaben der Kommission 50 % des Primärenergieverbrauchs durch erneuerbare Energien gedeckt. Erdöl und Erdgas haben einen Anteil von 27,2 bzw. 20,2 % und 2 % entfallen auf die Kohlen. Kernenergie liefert mit 57,8 % den größten Beitrag zur Deckung des

Tabelle 22

Entwicklung der Stromerzeugungskapazitäten in GW

	Statistik	2010				2030				2050			
	1998	REF	UWE	RRO	FNE	REF	UWE	RRO	FNE	REF	UWE	RRO	FNE
Kohlen	51,2	49,8	42,9	40,2	44,1	59,5	64,1	13,7	23,2	51,1	81,9	0,0	2,2
Heizöl	8,8	3,2	2,7	2,9	2,9	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Erdgas	20,2	21,1	20,8	21,4	28,3	18,5	30,4	50,8	16,5	21,2	8,9	33,2	1,7
Kernenergie	22,9	19,7	19,7	19,7	21,3	0,0	0,0	0,0	60,5	0,0	0,0	0,0	107,5
Wasserkraft	8,9	10,3	10,3	10,3	10,0	10,6	10,6	10,6	10,0	10,6	10,7	10,7	10,0
Wind	1,5	12,0	19,0	19,5	12,0	19,0	16,2	33,3	14,1	27,5	32,1	80,4	14,1
Photovoltaik	0,0	0,2	0,2	0,2	0,2	1,5	1,5	1,5	0,8	9,6	9,6	9,6	0,7
Andere Brennstoffe	2,1	3,5	8,2	8,2	3,8	6,2	7,0	12,2	4,6	8,7	15,7	39,2	9,8
REG-Import	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	3,9	10,9	0,0	1,2	7,5	15,2	0,0
Summe	**115,6**	**119,7**	**123,8**	**122,4**	**122,6**	**117,1**	**133,7**	**133,0**	**129,7**	**130,0**	**166,5**	**188,3**	**146,0**

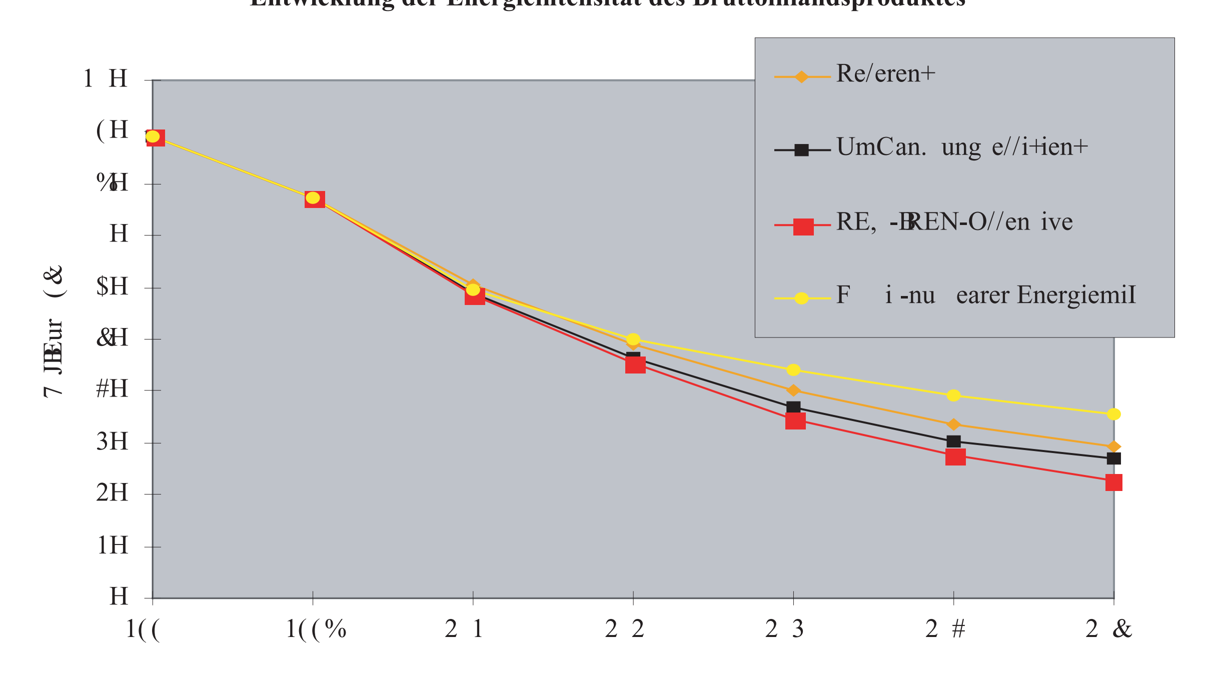
Tabelle 23

Entwicklung des Primärenergieverbrauchs in PJ

	Statistik	2010				2030				2050			
	1998	**REF**	**UWE**	**RRO**	**FNE**	**REF**	**UWE**	**RRO**	**FNE**	**REF**	**UWE**	**RRO**	**FNE**
Steinkohle	2,059	1,776	1,743	1,679	2,006	2,091	2,145	0,443	0,823	1,641	3,163	0,161	0,173
Braunkohle	1,514	1,491	1,078	1,083	0,570	1,428	0,588	0,035	0,114	1,418	0,543	0,021	0,021
Kernenergie	1,762	1,691	1,691	1,691	1,828	0,000	0,000	0,000	4,850	0,000	0,000	0,000	7,931
Mineralöle	5,775	5,497	5,202	5,198	5,458	4,898	4,070	3,985	4,634	3,796	2,679	2,442	2,867
Naturgase	3,048	3,218	3,234	3,200	3,581	3,483	3,588	4,513	2,862	3,383	0,720	1,781	0,949
Importsaldo Strom	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,032	0,077	0,205	0,000	0,000	0,235	0,354	0,000
Wasserkraft	0,063	0,084	0,084	0,084	0,084	0,091	0,091	0,091	0,091	0,093	0,093	0,093	0,090
Windenergie	0,017	0,071	0,113	0,113	0,071	0,139	0,109	0,212	0,096	0,225	0,204	0,494	0,096
Biomasse, Muell	0,271	0,442	0,741	0,744	0,437	0,533	0,855	1,117	0,528	0,573	1,041	1,521	0,938
Solar, Umgebung	0,012	0,033	0,043	0,046	0,033	0,090	0,228	0,364	0,053	0,169	1,830	1,957	0,658
Summe	**14,521**	**14,304**	**13,929**	**13,839**	**14,067**	**12,785**	**11,751**	**10,966**	**14,051**	**11,298**	**10,508**	**8,824**	**13,722**

Bild 29

Entwicklung der Energieintensität des Bruttoinlandsproduktes



Primärenergieverbrauchs im Szenario Fossil-nuklearer Energiemix, gefolgt von Erdöl mit rd. 21 %. Die übrigen fossilen Energieträger kommen auf 8,5 %, durch erneuerbare Energien werden 13 % gedeckt.

Für die ökonomische, aber auch für die soziale Dimension (z. B. die Sicherung ausreichender Beschäftigung) von Nachhaltigkeit sind, soweit es die Energieversorgung der gesamten Volkswirtschaft betrifft, die gesamtwirtschaftlichen Kosten des Energiesystems von besonderer Bedeutung. Dazu zählen die Ausgaben für Investitionen in Geräte, Anlagen und Energieeinsparmaßnahmen sowie die Ausgaben für die Gewinnung bzw. den Import von Energieträgern.

Abbildung 30



Entwicklung des Primärenergieverbrauchs nach Energieträgern

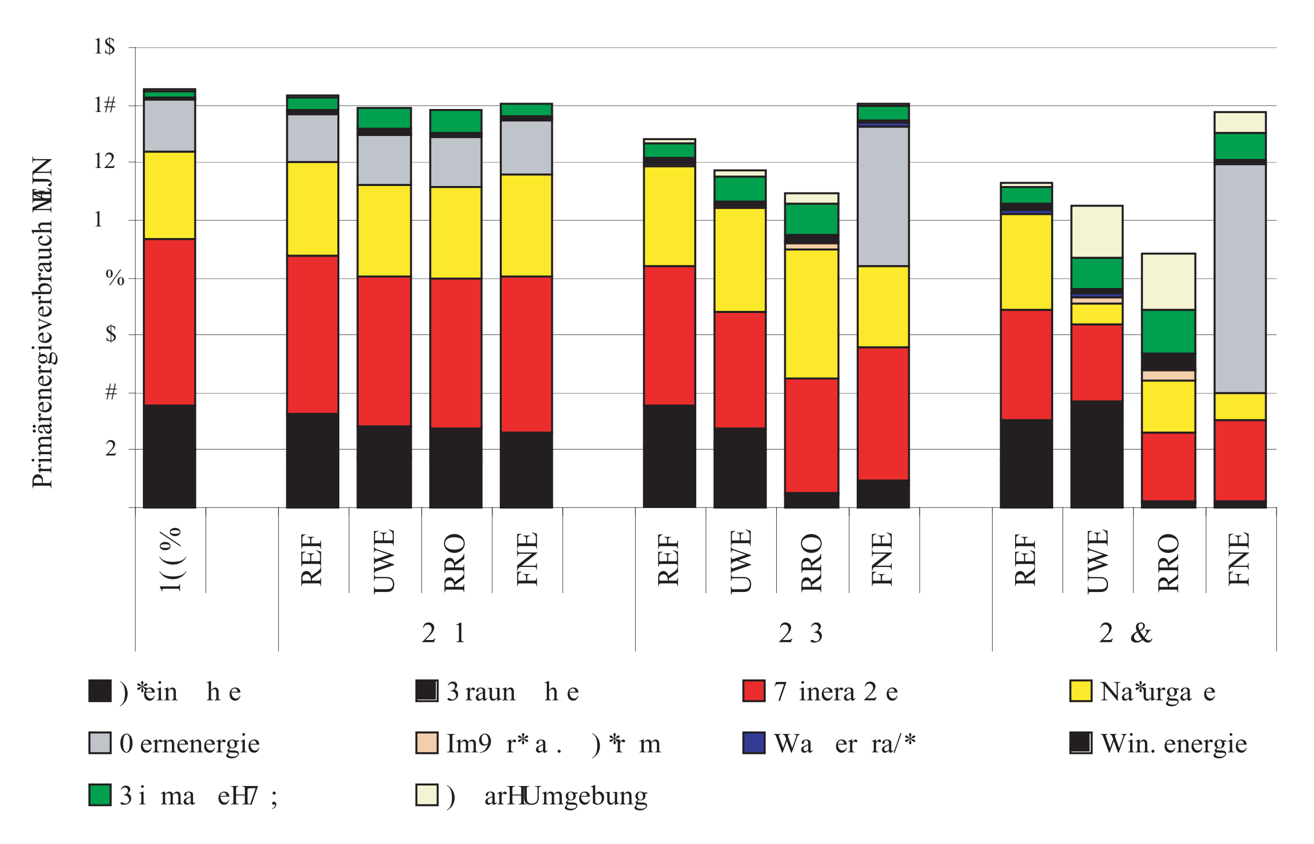


Tabelle 24

Energieseitige Kosten zur Erreichung der Treibhausgasminderungsziele

Kostendifferenz zum Referenzszenario in Mrd. Euro$_{98}$		
Szenario	**kumulierte Systemkosten**	**auf 1998 diskontierte Systemkosten**
Umwandlungseffizienz	331	78
REG-/REN-Offensive	803	191
Fossil-nuklearer Energiemix	– 537	– 140

Vergleicht man die gesamten Kosten des Energiesystems bis zum Jahr 2050 der Zielszenarien mit denen des Referenzszenarios, so lassen sich die Kostendifferenzen als die energieseitigen Kosten zur Erreichung der Treibhausgasminderungsziele in den drei Zielszenarien interpretieren. Tabelle 24 zeigt, dass im Fall der Szenarien Umwandlungseffizienz und REG-/REN-Offensive die Minderung der energiebedingten Treibhausgase mit kumulierten Kosten von 330 bzw. 800 Mrd. Euro verbunden ist. Setzt man hingegen auf eine konsequente Nutzung kosteneffizienter Treibhausgasminderungsmaßnahmen, wie im Fall des Szenarios Fossil-nuklearer Energiemix, so lassen sich gegenüber der Referenzentwicklung noch rd. 537 Mrd. einsparen.

Diskontiert man die über den Betrachtungszeitraum anfallenden Mehr- bzw. Minderkosten auf das Jahr 1998 ab, so ergeben sich die Kostendifferenzen zum Referenzfall zu 78 bzw. 191 Mrd. Euro$_{98}$ bei den Szenarien Umwandlungseffizienz bzw. REG-/REN-Offensive und von – 140 Mrd. Euro$_{98}$ beim Szenario Fossil-nuklearer Energiemix. Bei all diesen Kostenangaben ist zu beachten, dass der Nutzenverzicht durch eine Verlagerung vom motorisierten Verkehr auf den nicht-motorisierten Verkehr, der in den Zielszenarien in unterschiedlichem Ausmaß unterstellt ist, nicht mit bewertet ist. Aufgrund dieses Umstandes aber auch durch eine konsequente Ausschöpfung kosteneffizienter Möglichkeiten der Bereitstellung von Energiedienstleistungen im Szenario Fossil-nuklearer Energiemix, liegen die Energiesystemkosten trotz der geringen Treibhausgasemissionen hier unter denen des Referenzszenarios.

Die energieseitigen Kosten (ohne externe Kosten) der Entwicklung der Energieversorgung in den drei Zielszenarien weisen somit signifikante Unterschiede auf. So sind die über den gesamten Betrachtungszeitraum kumulierten Kosten des Szenarios REG-/REN Offensive um rd. 1 340 Mrd. Euro$_{98}$ höher als im Szenario Fossil-nu-

Tabelle 25

Kosten der THG-Minderung im Vergleich

Mehrkosten der CO_2-Minderung je Haushalt im Vergleich zum Szenario Fossil-nuklearer Energiemix (FNE) in $Euro_{98}$ je Haushalt und Jahr			
Szenario	**2020**	**2030**	**2050**
Umwandlungseffizienz (UWE)	230	512	1 253
REG-/REN-Offensive (RRO)	340	769	2 025
Mehrkosten der THG-Minderung je t CO_2^* im Vergleich zum Szenario Fossil-nuklearer Energiemix (FNE) in $Euro_{98}$/t CO_2^*			
Szenario	**2020**	**2030**	**2050**
Umwandlungseffizienz (UWE)	49	61	83
REG-/REN-Offensive (RRO)	73	91	134

klearer Energiemix. Die Mehrkosten des Szenarios Umwandlungseffizienz liegen bei rd. 868 Mrd. $Euro_{98}$.

Zur Veranschaulichung dieser kostenseitigen Implikationen sind in Tabelle 25 die Mehrkosten je Haushalt für verschiedene Zeitpunkte ausgewiesen. Im Fall des Szenarios Umwandlungseffizienz betragen die jährlichen Mehrkosten je Haushalt im Jahr 2020 rd. 230 $Euro_{98}$ und steigen danach bis 2050 auf rd. 1250 $Euro_{98}$/Jahr an. Die Kostenbelastungen im Szenario REG-/REN-Offensive sind mit 340 $Euro_{98}$/Jahr in 2020 und 2025 $Euro_{98}$/Jahr in 2050 noch erheblich höher.

Da in allen Zielszenarien vorgabegemäß die gleichen Treibhausgasminderungen realisiert werden, sind höhere Energiesystemkosten auch gleichbedeutend mit höheren Kosten je vermiedener Tonne Treibhausgas. Die durchschnittlichen Mehrkosten je t CO_2*[80] liegen im Szenario Umwandlungseffizienz zwischen 49 und 83 $Euro_{98}$ (siehe Tabelle 25) und im Szenario REG-/REN-Offensive zwischen 73 und 134 $Euro_{98}$ je t CO_2*.

Als marginale Treibhausgas-Minderungskosten werden die Kosten der Minderung der letzten Tonne CO_2* zur Erreichung eines Reduktionsziels bezeichnet. Will man die Traubhausgasreduktionsziele durch eine Treibhausgassteuer oder ein System handelbarer Emissionszertifikate erreichen, so entsprechen die marginalen Treibhausgas-Minderungskosten dem dazu notwendigen Steuersatz bzw. den sich einstellenden Zertifikatspreisen. Die Tabelle 26 macht deutlich, dass aufgrund der in der Zielszenarien szenariospezifischen Beschränkung bzw. Ausnutzung effizienter Treibhausgasminderungsoptionen die marginalen Treibhausgas-Minderungskosten deutlich von einander abweichen. Im Szenario Fossil-nuklearer Energiemix verbleiben sie lange auf einem sehr niedrigen Niveau und steigen bis 2050 dann auf 160 $Euro_{98}$/t CO_2* an. In den

Tabelle 26

Marginale Treibhausgas-Minderungskosten der Zielszenarien in Euro98/t CO_2*

Szenario	2020	2030	2050
Umwandlungseffizienz (UWE)	22	60	450
REG-/REN-Offensive (RRO)	17	120	585
Fossil-nuklearer Energiemix (FNE)	0,15	19	160

anderen Zielszenarien, insbesondere im Szenario REG-/REN-Offensive sind sie um ein Vielfaches höher und liegen im Jahr 2050 bei 450 bzw. 585 $Euro_{98}$/t CO_2*.

Die hier ausgewiesenen THG-Vermeidungskosten sollten auch bewertet werden im Hinblick auf die Schadenskosten, die mit dem Klimawandel verbunden sind. Die Abschätzung der Schäden des Klimawandels und ihre ökonomische Bewertung ist sicher noch mit großen Unsicherheiten behaftet. Die vorliegenden Abschätzungen der marginalen Schadenskosten pro t CO_2 weisen deshalb eine große Bandbreite aus, die bei/Friedrich, Bickel 2001/ mit 0,1 bis 16,4 Euro/t CO_2 angegeben wird. /Tol, Anhörung Klimawandel/ stellt fest, dass der gegenwärtige Kenntnisstand es nahe legt, dass die marginalen CO_2-Schadenskosten einen Wert von 15 Euro/t CO_2 wohl nicht überschreiten. Vor diesem Hintergrund sind CO_2-Vermeidungskosten von mehreren hundert Euro/t CO_2 wohl kaum zu rechtfertigen.

Die bisherigen Kostenangaben beziehen, wie erwähnt, weder den Nutzenverzicht eines Umstiegs auf den nichtmotorisierten Verkehr noch die externen Kosten in den Betrachtungen mit ein. Bezieht man beide Aspekte mit

[80] CO_2* = CO_2-Äquivalent.

ein, und benutzt man den gegenwärtigen Wissensstand entsprechende Schadenskostenabschätzungen (externe Kosten) für Luftschadstoffe und radioaktive Emissionen, dann ergeben sich kumulierte Gesamtkosten, die im Szenario REG-/REN-Offensive um rd. 1515 Mrd. $Euro_{98}$ und im Szenario Umwandlungseffizienz um rd. 828 Mrd. $Euro_{98}$ über denen des Szenarios Fossil-nuklearer Energiemix liegen.

Exkurs „externe Kosten“

Was sind externe Effekte und externe Kosten?

Jede Bereitstellung von Energie – mit welcher Technik auch immer – ist mit unerwünschten Nebeneffekten, insbesondere mit Risiken für die menschliche Gesundheit, mit Schädigungen von Pflanzen und Tieren und mit Einwirkungen auf Ökosysteme und Materialien verbunden. Weil dabei meist Dritte, die an Energieumwandlung und -verbrauch nicht direkt beteiligt sind, geschädigt werden, ohne dass deren Schäden von den Verursachern kompensiert werden, werden solche Schäden und Risiken als ‚externe' Effekte[81] bezeichnet. Vergleicht man nur die internen, betriebswirtschaftlich ermittelten Kosten verschiedener Technikalternativen, so sind die externen Effekte dabei offensichtlich nicht berücksichtigt. Es besteht aber Konsens, dass die verursachten Schäden bei Vergleichen oder Entscheidungen mit betrachtet werden sollten.

Will man dies auf transparente, nachvollziehbare und konsistente Weise tun, so sollten die externen Effekte in eine gemeinsame Maßeinheit umgerechnet werden, um sie direkt vergleichen zu können. Als Maßeinheit kommt hier insbesondere der Geldwert in frage, das heißt, die externen Effekte werden in Kosten, die sogenannten externen Kosten, umgerechnet. Nebenbei: man könnte statt dem Geldwert auch Nutzwerte oder Ökopunkte als Maßeinheit wählen, das Ergebnis wäre dasselbe; der Geldwert hat jedoch den Vorteil, dass er einen unabhängig definierten Wert besitzt und dass jeder sich unter einem EURO etwas vorstellen kann, unter einem Ökopunkt aber nicht.

Wozu können Informationen über externe Kosten genutzt werden?

Ein weiterer Vorteil der Berechnung externer Kosten ist die direkte Vergleichbarkeit mit den internen Kosten. Auf diese Weise lassen sich externe Kosten den Verursachern anlasten, z. B. in Form einer Emissionssteuer. Richtig eingesetzt können so die durch die Nichtberücksichtigung externer Kosten verzerrten Marktpreise korrigiert werden. Weiterhin sind Schätzungen der externen Kosten eine wichtige Information für die Durchführung von Kosten-Nutzen-Analysen z. B. im Bereich von Maßnahmen und Verordnungen zum Umwelt- und Gesundheitsschutz. Schließlich ist es mit Hilfe externer Kosten möglich, das bestehende System der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung um wichtige Aspekte wie ‚Umweltqualität‘ zu erweitern.

Stand der Forschung zur quantitativen Abschätzung externer Kosten

Wie kann man aber Risiken und Schäden, die man ja nicht auf dem Markt kaufen oder verkaufen kann, für die also kein Preis vorhanden ist, in Geldwerte umrechnen? Oder: wie vergleicht man Äpfel mit Birnen? Letztlich tut dies jede Person beim Obsteinkauf im Supermarkt ohne Probleme, indem sie nach ihrer persönlichen Präferenz entscheidet. Folglich kann man externe Effekte bewerten, indem man die Präferenzen der betroffenen Bevölkerung misst, das heißt, indem man herausfindet, was die Betroffenen zu zahlen bereit wären, um einem Risiko zu entgehen oder einen Schaden abzuwenden. Dabei geht es in der Regel um die Bewertung sehr kleiner Risiken, etwa einen Gesundheitsschaden zu erleiden. Die Zahlungsbereitschaft lässt sich sowohl durch direkte repräsentative Befragungen als auch durch indirekte Methoden, z. B. die Auswertung unterschiedlicher Mietpreise in Gegenden mit unterschiedlicher Umweltbelastung, ermitteln. Es existiert schon eine Vielzahl wissenschaftlicher Untersuchungen, in denen diese Zahlungsbereitschaften ermittelt wurden.

Die Verfahren zur Ermittlung der externen Kosten wurden in den letzten Jahren vor allem im Rahmen von Forschungsarbeiten, die von der Europäischen Kommission gefördert wurden, den sogenannten ‚ExternE'-Studien, sehr stark verbessert und verfeinert (ExternE steht für Externalities of Energy; siehe auch www.ExternE.info).

In früheren Arbeiten wurden z. B. abgeschätzte Gesamtschäden durch Luftschadstoffe auf unterschiedliche Verursacher verteilt, bei der Kernenergie wurden die Schäden des Tschernobyl-Unfalls zur Bewertung herangezogen. Wegen der Komplexität der Zusammenhänge sind solche Ansätze jedoch zu ungenau. In ‚ExternE' wurde daher der Wirkungspfadansatz entwickelt. Dieser berechnet, ausgehend von der Emission von Schadstoffen, zunächst deren

[81] Externe Nutzen werden hier außen vorgelassen.

Ausbreitung sowie ggf. ihre chemische Umwandlung und ggf. die Umwandlung durch Strahlung in Luft, Boden und Wasser. Ausgehend von Stoffkonzentrationen werden dann mit Hilfe von Expositions-Wirkungs-Beziehungen Schäden an menschlicher Gesundheit, Pflanzen, Tieren und Materialien ermittelt, die anschließend monetär bewertet werden. Entsprechende Ansätze stehen auch für die Ermittlung externer Kosten durch Lärm und Unfallrisiken im Straßenverkehr zur Verfügung.

Unsicherheiten und offene Fragen

Die Unsicherheiten der Abschätzungen externer Kosten sind noch recht groß, weil bei allen Teilschritten, z. B. der Ausbreitungsrechnung oder den Expositions-Wirkungs-Beziehungen, Unsicherheiten vorhanden sind. Dies spiegelt somit die noch vorhandenen Unsicherheiten beim Stand des Wissens über die Entstehung von Schäden wider. In einigen Fällen sind die Unsicherheiten noch so groß, dass statt des Wirkungs-Pfad-Ansatzes ein anderer Ansatz, der sogenannte Standard-Preis-Ansatz verwendet wird. Bei diesem Ansatz werden allgemein akzeptierte Umweltschutzgrenzwerte herangezogen und die marginalen Kosten (d. h. die Kosten der letzten Einheit) zur Erreichung dieser Standards verwendet. Dieser Ansatz wird zur Ermittlung der Kosten von Emissionen von Treibhausgasen und der Schäden an Ökosystemen verwendet.

Bei sachgerechter Anwendung der heute verfügbaren methodischen Ansätze lassen sich trotz der bestehenden Unsicherheiten durchaus belastbare Abschätzungen hinsichtlich der Relationen externer Kosten verschiedener Energie- bzw. Verkehrssysteme gewinnen.

Aktuelle Ergebnisse für Stromerzeugung und Verkehr

In Tabelle A sind die externen Kosten für ausgewählte Elektrizitätserzeugungsanlagen in Deutschland vergleichend gegenübergestellt. Es sind jeweils Techniken gewählt, die dem derzeitigen Stand der Technik (Inbetriebnahme ca. 2000) entsprechen. Nur bei der Kernenergie wurden – in Ermangelung neuerer Kraftwerke – die sogenannten Konvoianlagen als Technikstandard herangezogen. Natürlich ist bei allen Anlagen – also sowohl bei den erneuerbaren Energien als auch bei den fossilen und nuklearen Anlagen – damit zu rechnen, dass sich im Rahmen der technischen Weiterentwicklung die externen Kosten weiter senken lassen.

Die mit Kohle befeuerten Kraftwerke weisen die weitaus höchsten externen Kosten auf. Dies liegt zum einen an den hohen Emissionen des Treibhausgases CO_2, zum anderen an den durch die Rauchgasreinigung zwar stark verminderten aber immer noch stattfindenden Emission der Schadstoffe Stickoxide, Schwefeldioxid und Feinstaub, die unter anderem zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen und Schäden führen. Auch die Photovoltaik weist vergleichsweise

Tabelle A

Quantifizierbare externe Kosten der Stromerzeugung (Werte in €-cent/kWh)

	Steinkohle	Braunkohle	Gas GuD	Kernenergie	PV (multi)	PV (amorph)	Windkraft	Wasserkraft
Schadenskosten								
Lärm	0	0	0	0	0	0	0,01	0
Gesundheit	0,7	0,97	0,33	0,16	0,62	0,44	0,07	0,05
Material	0,02	0,02	0,007	0,002	0,02	0,012	0,002	0,001
Feldpflanzen	0,0000	0,0000	0,0000	0,0007	0,0000	0,0000	0,0007	0,0002
Summe (gerundet) Schadenskosten	0,7	1,0	0,3	0,2	0,6	0,5	0,1	0,1
Vermeidungskosten (nach Standard-Preis-Ansatz)								
Ökosysteme	0,20	0,77	0,04	0,05	0,41	0,04	0,04	0,03
Treibhauseffekt	1,57	1,96	0,72	0,03	0,59	0,33	0,04	0,03
„Gesamt-Summe“ [a]	2,5	3,7	1,1	0,2	1,6	0,8	0,2	0,1

[a] Streng genommen dürfte hier keine Summe aus Schadens- und Vermeidungskosten gebildet werden, da es sich um unterschiedliche Bewertungsansätze handelt.

hohe externe Kosten auf. Diese resultieren nicht aus dem Betrieb – dabei entstehen praktisch keine externen Kosten -, sondern aus den Emissionen während des aufwändigen Herstellungsprozesses. Natürlich könnte man die externen Kosten senken, wenn man bei der Herstellung der Anlagen bereits Photovoltaikstrom nutzen würde – dies würde aber die internen Herstellungskosten so in die Höhe treiben, dass die Gesamtkosten noch ungünstiger würden. Die geringsten externen Kosten weisen Wind- und Wasserkraft auf, dicht gefolgt von der Kernenergie.

Bei der Kernenergie sind dabei auch die externen Kosten der Brennstoffver- und -entsorgung erfasst. Erfasst sind auch die Risiken von Kernkraftwerksunfällen, deren Schadenskosten entsprechend ihrer Eintrittswahrscheinlichkeit in die externen Kosten eingehen. Zwar wird gelegentlich argumentiert, dass bei der Bewertung der Unfallrisiken der Kernenergie eine „Risikoaversion" zu berücksichtigen sei, womit gemeint ist, dass – bei gleichem Risiko – ein Ergebnis mit hohem Schaden und geringer Eintrittswahrscheinlichkeit negativer bewertet wird als ein Ereignis mit geringem Schaden und höherer Eintrittswahrscheinlichkeit. Allerdings fehlen bisher empirische Belege für diese These.

In Tabelle B zeigen sich exemplarisch die externen Kosten durch Luftschadstoffemissionen von Pkw im Innerortsverkehr am Beispiel Stuttgart. Zur Verdeutlichung der Effekte durch strengerer Emissionsstandards ist jeweils ein ‚altes' Fahrzeug und eines nach dem EURO2-Standard betrachtet. Die bei den Fahrzeugen mit Dieselmotor zu beobachtenden negativen Kosten für Feldpflanzenschäden sind auf einen (begrenzten) Düngeeffekt von Schwefeldioxid auf Feldpflanzen zurückzuführen. Bei Fahrzeugen mit Ottomotor ist dieser Effekt auf Grund geringerer Schwefeldioxid-Emissionen nicht zu beobachten.

Der Vergleich zwischen Pkw mit Ottomotor und Dieselmotor weist höhere externe Kosten für die Dieselfahrzeuge aus. Diese resultieren vor allem aus den höheren Feinstaubemissionen von Dieselmotoren.

Anmerkungen:

Die von den Fraktionen der SPD/Bündnis 90/Grüne für die Szenarienstudien vorgegebenen externen Kosten für Stromerzeugungs-, Wärmebereitstellungs- und Verkehrssysteme halten wir zum überwiegenden Teil für politisch motivierte Setzungen, die wissenschaftlich nicht belastbar sind.

Tabelle B

Quantifizierbare externe Kosten durch Luftschadstoffemissionen von Straßenfahrzeugen in Stuttgart (Werte in €-cent/Fahrzeugkilometer)

Kraftstoffart Emissionsstandard	Pkw Otto ECE 15/04	Pkw Otto EURO2	Pkw Diesel vor EURO	Pkw Diesel EURO2
Schadenskosten				
Gesundheit	2,15	0,39	4,94	1,28
Material	0,02	0,00	0,01	0,01
Feldpflanzen	0,05	0,00	– 0,01	– 0,02
Summe Schadenskosten	2,23	0,39	4,94	1,27
Vermeidungskosten (nach Standard -Preis-Ansatz)				
Treibhauseffekt	0,32	0,40	0,35	0,32
„Gesamt-Summe" [a]	2,55	0,79	5,29	1,59

[a] Streng genommen dürfte hier keine Summe aus Schadens- und Vermeidungskosten gebildet werden, da es sich um jeweils unterschiedliche Bewertungsansätze handelt.

5.6 Robustheit der Szenarioergebnisse und Schlussfolgerungen

Es wurde zuvor schon erwähnt, dass mit den vier Szenarien nur ein kleiner Ausschnitt der denkbaren Zukünfte der Entwicklung der Energieversorgung beschrieben werden kann. Hinzu kommt, dass eine Vielzahl von Annahmen, die in die Szenarien einfließen und die numerischen Ergebnisse mitbestimmen, mit Unsicherheiten behaftet sind. Dies gilt insbesondere mit Blick auf den mit 50 Jahren sehr weit in die Zukunft reichenden Betrachtungshorizont. Allein hieraus folgt schon, dass die quantitativen Szenarioergebnisse qualitativ zu interpretieren sind. Um eine derartige qualitative Interpretation und darauf aufbauende Einordnungen und Schlussfolgerungen weiter abzusichern, ist es sinnvoll, Variations- und Sensitivitätsrechnungen durchzuführen, die insbesondere die Auswirkungen veränderter Entwicklungen wichtiger mit Unsicherheit behafteter Annahmen und Rahmenbedingungen aufzeigen. Mit dieser Zielsetzung wurden Variantenrechnungen[82] zu den Zielszenarien durchgeführt. Auf einige ausgewählte wird im Folgenden näher eingegangen.

Variation von Technologiedaten

Neben den Energieträgerpreisen sind die Kosten und technischen Charakteristika (z. B. der Wirkungsgrad) von Energiewandlungs- und Energienutzungstechniken von besonderer Bedeutung sowohl für eine kosteneffiziente Bereitstellung von Energiedienstleistungen wie auch für ihre Attraktivität zur Minderung von Treibhausgasemissionen. Ausgehend vom heutigen Stand der Technik lassen sich die Entwicklungen der technischen Parameter und Kosten der verschiedenen heute bereits genutzten sowie der in Entwicklung befindlichen Energietechniken nur für relativ kurze, überschaubare Zeiträume belastbar abschätzen. Längerfristig angelegte Abschätzungen sind mit zunehmenden Unsicherheiten behaftet.

Um die Sensitivität der in den Szenarien beschriebenen Entwicklungen der Energieversorgungsstrukturen hinsichtlich der technisch ökonomischen Charakteristiken wichtiger Energietechnologien zu untersuchen, wurde eine Variationsrechnung mit veränderten Technologieparametern für die Stromerzeugungs- und KWK-Technologien durchgeführt. Für die fossilen und nuklearen Kraftwerke wurden dabei die Kosten (insbesondere die Investitionskosten) deutlich erhöht und es wurde von geringeren Wirkungsgradverbesserungen in der Zukunft ausgegangen. Für die Techniken zur Nutzung erneuerbarer Energien wurde eine stärkere Senkung der Investitionskosten im Zeitverlauf unterstellt.

Die Veränderungen der Energieerzeugungskostenstrukturen zugunsten der erneuerbaren Energietechniken führen dazu, dass in den Szenarien „Umwandlungseffizienz“ und “Fossil-nuklearer Energiemix“ die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen (Wind und Geothermie) zunimmt und die aus Kohle bzw. Kernenergie entsprechend niedriger ausfällt. Im Jahr 2050 ist in dieser Variante die Stromerzeugung aus Kohle im Szenario „Umwandlungseffizienz“ rd. 15 % und die Stromerzeugung aus Kernenergie im Szenario „Fossil-nuklearer Energiemix“ um rd. 13 % niedriger als in den Ausgangsszenarien. Im Szenario „REG-/REN-Offensive“ bleiben die Beiträge der verschiedenen Energieträger und die Struktur der Energieversorgung nahezu unverändert, was primär auf die gemachten szenariospezifischen Vorgaben z. B. hinsichtlich der Nutzung erneuerbarer Energien zurückzuführen ist.

Insgesamt gilt aber, dass die charakteristischen Entwicklungsmuster der Ausgangszielszenarien durch die hier unterstellten veränderten Kostenrelationen von regenerativer und fossil-nuklearer Stromerzeugung nicht verändert werden. Dies lässt sich auch aus der vergleichenden Gegenüberstellung des Primärenergieverbrauchs und seine Strukturen im Jahr 2050 in Bild 31 erkennen.

Was nun die Gesamtkosten zur Erreichung der vorgegebenen Treibhausgasreduktionsziele betrifft, so ist zu erwarten, dass die Szenarien mit einem hohen Anteil regenerativer Energieerzeugung von den in dieser Variante unterstellten Technologiekostenänderungen profitieren. Bei Einbezug der externen Kosten sowie des Nutzenverzichts eines Umstiegs auf den nichtmotorisierten Verkehr liegen die kumulierten Gesamtkosten bei modifizierten Technologiekosten im Szenario „REG-/REN-Offensive“ um rd. 1 130 Mrd. $Euro_{98}$ und im Szenario Umwandlungseffizienz um rd. 630 Mrd. $Euro_{98}$ über denen des Szenarios „Fossil-nuklearer Energiemix“. Sie sind damit um 385 bzw. 200 Mrd. $Euro_{98}$ geringer als in den Ausgangsszenarien.

Variation der Importpreise der fossilen Energieträger

Die bisher diskutierten Szenarien gehen davon aus, dass die realen Importpreise von Mineralöl, Erdgas und Steinkohle kontinuierlich ansteigen. Dabei wird bei Erdöl und Erdgas mit einem durchschnittlichen Preisanstieg von 1,7 bzw. 1,9 %/a über die nächsten fünf Dekaden gerechnet, für die Steinkohle liegt er bei 0,9 %/a. Am Ende des Betrachtungszeitraumes ergeben sich damit reale Importpreise von Erdöl, Erdgas und Steinkohle, die bei 230, 200 bzw. 150 % des heutigen Niveaus liegen.

Gerade die Vergangenheit hat gezeigt, dass die Energieträgerpreise sich weitestgehend einer belastbaren Vorhersage entziehen. Verschiedene Studien (IEA, EIA) gehen davon aus, dass unter Berücksichtigung der Fortschritte bei den Förder- und Gewinnungstechniken die Energieträgerpreise real nicht zunehmen müssen, insbesondere wenn durch verstärkte Klimaschutzanforderungen Druck auf die fossilen Energieträger ausgeübt wird. Um die Robustheit der Szenarioentwicklungen im Hinblick auf die Energieträgerpreisentwicklung zu analysieren, wurde eine Szenariovariante erstellt, die davon ausgeht, dass die Importpreise von Mineralöl, Erdgas und Steinkohle auf dem Preisniveau des Jahres 2005 zunächst real konstant bleiben und erst ab 2040 um 1 %/a ansteigen.

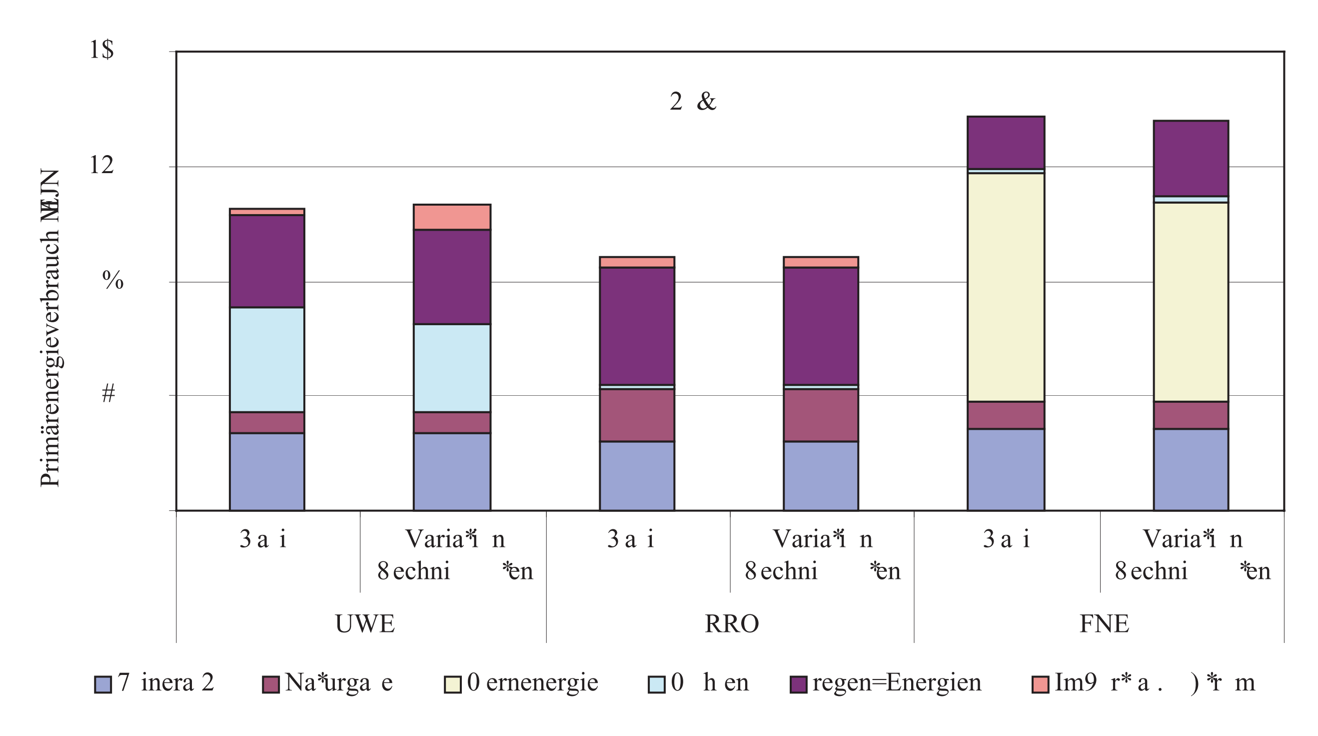
Unter den Bedingungen einer sukzessiven Reduktion der energiebedingten Treibhausgasemissionen um 80 % bis 2050 haben die reduzierten Energieträgerpreise nahezu keinen Einfluss auf die sich in den Zielszenarien

[82] Ergänzend zu den von der Kommission in Auftrag gegebenen Szenariovarianten werden weitere Variationsrechnungen mitbetrachtet.

Abbildung 31



Primärenergie nach Energieträgern im Jahr 2050 (Basisszenarien und Variante veränderte Technologiekosten)



entwickelnden Energieversorgungsstrukturen, da diese durch die Treibhausgasminderungserfordernisse bestimmt werden. Der wesentliche Effekt der modifizierten Energieträgerpreisentwicklung ergibt sich hinsichtlich der energiewirtschaftlichen Kosten zur Erreichung der Treibhausgasreduktionsziele. Diese nehmen in allen Zielszenarien zu und führen zu kumulierten Mehrbelastungen, die um 110 bis 170 Mrd. $Euro_{98}$ höher sind als in den Ausgangsszenarien.

Klimaschutzziele und ihre Kostenimplikationen

Die zuvor diskutierten Ergebnisse modellgestützter Szenarioanalysen haben bereits deutlich gemacht, dass die gesamtwirtschaftlichen Kostenbelastungen einer Reduktion der energiebedingten Treibhausgasemissionen entscheidend mitbestimmt werden von den energienachfrage- und angebotsseitigen Maßnahmen, die zur Reduktion der THG-Emissionen beitragen sollen. Es ist aber auch davon auszugehen, dass die angestrebten THG-Emissionsminderungsziele selbst einen Einfluss auf die Höhe der Klimaschutzkosten haben werden. Gerade im Hinblick auf die gleichrangige Bedeutung der ökologischen und ökonomischen Dimension einer nachhaltigen Entwicklung ist es für die anstehenden Abwägungsprozesse notwendig, den Zusammenhang zwischen diesen beiden Dimensionen transparent zu machen.

Ein Beitrag dazu kann die Ermittlung der energieseitigen Treibhausgasminderungskosen in Abhängigkeit von den zukünftig angestrebten Minderungszielen leisten. In Abbildung 32 ist dieser Zusammenhang für die drei Zielszenarien dargestellt.

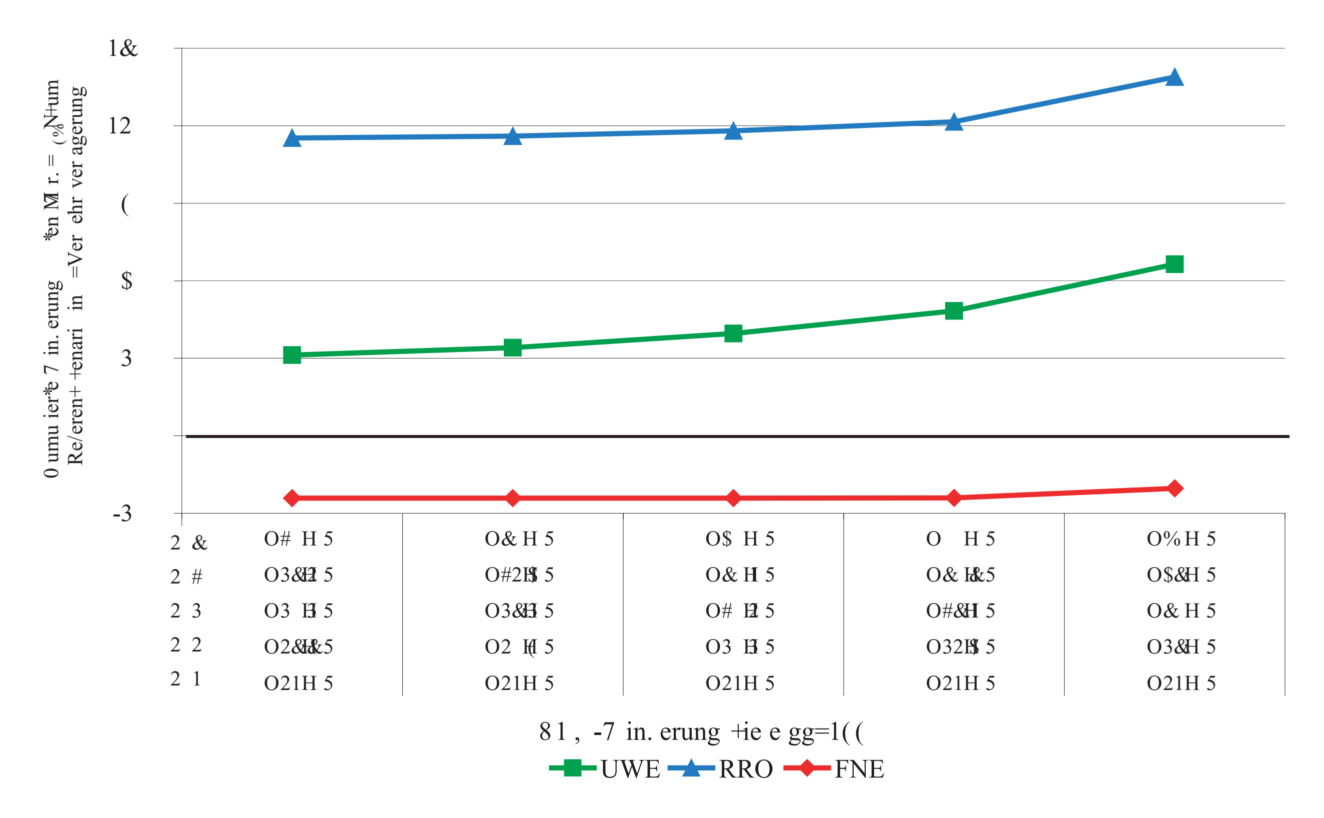
Mit einer Reduktion der angestrebten Minderungsziele ist ein szenariospezifisch unterschiedlicher Rückgang der kumulierten Minderungskosten verbunden. Für das Szenario REG-/REN-Offensive wird der Verlauf der Kostenfunktion bei reduzierten Minderungsanforderungen durch die gemachten Vorgaben über die Mindestanteile der regenerativen Energien an der Strom- und Primärenergieversorgung bestimmt. Im Fall des Szenarios „Fossil-nuklearer Energiemix“ reichen „No-regret“ Maßnahmen[83] aus, um Minderungsziele von bis zu 70 % im Jahr 2050 zu erreichen. Erst bei einer weiteren Verschärfung der Minderungsanforderungen entstehen zusätzliche Minderungskosten.

Der durch die Minderungskostenkurven aufgespannte Rahmen macht deutlich, dass es aus heutiger Sicht einen erheblichen Gestaltungsspielraum hinsichtlich der zu erwartenden Kostenbelastungen von Klimaschutzzielen gibt. Eine konsequente Ausschöpfung effizienter CO_2-Minderungsmöglichkeiten eröffnet aber auch einen Weg, sehr weitgehende Treibhausgasreduktionen zu erreichen, ohne die Volkswirtschaft mit gravierenden Klimaschutzkosten zu belasten. Dies könnte auch den Zielkonflikt zwischen der ökologischen und ökonomischen Dimension von nachhaltiger Energieversorgung weitgehend entschärfen.

[83] Unter „No-regret“ Maßnahmen sind Maßnahmen zu verstehen, die zu einer Minderung von CO_2-Emissionen führen, ohne die Kosten der Bereitstellung von Energiedienstleistungen zu erhöhen.

Abbildung 32

Kumulierte Treibhausgasminderungskosten in Abhängigkeit von den Minderungszielen (inklusiv der Bewertung der Verkehrsverlagerung)



Einordnung der und Schlussfolgerungen aus den Szenarien

Im Rahmen einer szenariogestützten Zukunftsanalyse sind ausgewählte Entwicklungen der Energieversorgung Deutschlands quantitativ beschrieben worden. Die Szenarien beschreiben sicher nur eine kleine Zahl denkbarer Entwicklungen der Energieversorgung, aber sie explizieren wichtige in der energiepolitischen Diskussion vertretene Vorstellungen bezüglich der Ausgestaltung einer am Leitbild „Nachhaltig“ ausgerichteten Energieversorgung.

Die quantitativen Analysen sind begrenzt auf das Gesamtsystem der Energiebereitstellung und -nutzung zur Befriedigung einer über den Betrachtungszeitraum vorgegebenen Entwicklung des Energiedienstleistungsbedarfs, welche aus sozio-ökonomischen Entwicklungen wie z. B. der demographischen Entwicklung oder der Entwicklung der gesamtwirtschaftlichen und sektoralen Produktion abgeleitet wurden. Rückwirkungen der szenariospezifischen Entwicklungen des Energiesystems auf die übrige Volkswirtschaft können damit nicht erfasst werden, dies gilt auch in Bezug auf die internationalen Energiemärkte. Dies ist ein Defizit, das insbesondere bei der Bewertung der Energieszenarien zu beachten ist, deren energieseitige Kosten höher als die der anderen sind. Des weiteren ist anzumerken, dass einige der von der Kommission gemachten Vorgaben mit der Philosophie des jeweiligen Szenarios kaum vereinbar sind, wodurch die Konsistenz dieser Zukunftsbilder eingeschränkt ist.

Trotz dieser Einschränkungen und ohne sich auf eine der in den Szenarien beschriebenen quantitativen Entwicklungen des Energiesystems explizit festzulegen, lassen sich aus den Szenarioanalysen wichtige qualitative Erkenntnisse und Orientierungen für die Ausgestaltung einer nachhaltigen Energieversorgung in Deutschland gewinnen:

– Mit den aus heutiger Sicht verfügbaren Optionen zur Energiebereitstellung sowie den technischen Möglichkeiten zur Energieeffizienzsteigerung und Energieeinsparung lassen sich in den nächsten Jahrzehnten auch bei einer Verdopplung des Bruttoinlandsproduktes sehr weitgehende Minderungen der energiebedingten Treibhausgasemissionen erreichen.

– Die Kosten und gesamtwirtschaftlichen Belastungen der Treibhausgasminderung hängen entscheidend davon ab, welche Maßnahmen und Wege zur Treibhausgasminderung im Energiebereich ergriffen bzw. beschritten werden. Die Mehr- bzw. Minderbelastungen einer 80 %-igen Treibhausgasminderung in den nächsten fünf Jahrzehnten bewegen sich dabei in einer Größenordnung von bis zu 1 500 Mrd. $Euro_{98}$.

– Effizienzsteigerungen in allen Bereichen der Energieanwendung aber auch bei der Energiebereitstellung und die Nutzung der Kernenergie sind die wichtigsten Optionen für eine kosteneffiziente Minderung der Treibhausgasemissionen.

– Techniken zur Nutzung neuer erneuerbarer Energien werden auch bei Unterstellung erheblicher kostensenkender Entwicklungsfortschritte erst in einigen Jahrzehnten einen größeren Beitrag zu einer wirtschaftlichen und klimaverträglichen Energieversorgung leisten können. Eine frühere forcierte Nutzung regenerativer Energien führt zu erheblichen Mehrbelastungen der Volkswirtschaft durch höhere Energiekosten im Kontext der Erreichung ökologischer Nachhaltigkeitsziele.
– Kohle- und Erdgaskraftwerkstechnologien, die eine Freisetzung von CO_2 weitgehend verhindern, stellen eine Option dar, fossile Energieträger auch im Rahmen eines Klimaschutzregimes weiter zu nutzen.
– Der in allen Szenarien wachsende Anteil von Strom und Fernwärme am Endenergieverbrauch ist ein robuster Hinweis dafür, dass eine Ausweitung der Nutzung dieser Endenergieträger ein wesentliches Element eines effizienten Weges zur Minderung energiebedingter Treibhausgasemissionen darstellt. Wasserstoff als Energieträger erlangt diesbezüglich nur eine untergeordnete Bedeutung.
– Eine konsequente Ausschöpfung aller „No-regret“[84] Maßnahmen zur Minderung von energiebedingten Treibhausgasemissionen ermöglicht nach derzeitigem Kenntnisstand die Realisierung sehr weitgehender Klimaschutzziele. Damit ließe sich auch ein Konflikt zwischen den ökologischen und ökonomischen Zielen einer nachhaltigen Energieversorgung vermeiden.

6 Instrumente und Strategien

6.1 Einordnung in den Gesamtkontext, Abgrenzungen und Definitionen

Eine Konzeption nachhaltiger Energieversorgung muss sicherstellen, dass die zur angestrebten wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Entwicklung erforderliche Bereitstellung von Energie in ausreichender, qualitativ befriedigender und kostengünstiger Form erfolgt. Allerdings darf hierdurch keine unakzeptable Beeinträchtigung der Umwelt, der Interessen der bislang unterprivilegierten Entwicklungs- und Schwellenländer oder zukünftiger Generationen einhergehen.

Grundlage der folgenden Überlegungen ist das „Drei-Säulen-Konzept“, wonach ein langfristig zukunftsfähiges Konzept der Energieversorgung die gleichrangige Verfolgung ökologischer, ökonomischer und sozialer Ziele beinhaltet.

Die hierfür als geeignet angesehene Strategie – im Sinne einer umfassenden, rational begründeten, zielgerichteten Handlungsanweisung – ist inhaltlich eindeutig von den Instrumenten zu trennen. Eine Strategie kann sich sogar unterschiedlicher Instrumente – wenn möglicherweise auch nicht unbedingt gleich gut – zur Zielerreichung bedienen. Hierarchisch sind Strategien zwischen Zielen und Instrumenten anzusiedeln, die reinen Mittelcharakter besitzen.

Damit bildet die Erörterung strategischer und instrumenteller Aspekte neben den grundsätzlich gegebenen Potenzialen und den im einzelnen ihrer Nutzung entgegenstehenden Restriktionen die Basis für die später zu formulierenden Empfehlungen. Darüber hinaus müssen Implikationen denkbarer zukünftiger Entwicklungsverläufe von Energieangebot und -nachfrage sowie das für die Bundesrepublik relevante Umfeld, und zwar unter expliziter Würdigung des breiten Spektrums von Ungewissheiten, berücksichtigt werden.

Instrumente nehmen im Rahmen eines solchen Konzeptes eine untergeordnete, eine dienende Rolle ein. Deshalb kommt ihnen ein Stellenwert unterhalb der Ebene einer energie- und umweltpolitischen Strategie bei der Verfolgung einer Konzeption nachhaltiger Energieversorgung zu. Da sie – umgesetzt in konkrete Maßnahmen oder im Rahmen bestimmter Handlungsschwerpunkte – nur Hebel darstellen, mit denen die Zielsetzungen nachhaltigen Wirtschaftens im Energiebereich verfolgt werden können, erfahren sie ihre Rechtfertigung und Beurteilung auch lediglich vor dem Hintergrund ihrer Geeignetheit für die Durchsetzung nachhaltiger Energieversorgung.

Zentrales Anliegen dieses Kapitels ist es, nach der Festlegung von Zielen, Zielbeziehungen und Zielhierarchien Vorstellungen über eine Strategie zur Realisierung einer nachhaltigen Energieversorgung zu entwerfen. Darüber hinaus muss das prinzipiell in Betracht kommende Spektrum von Instrumenten daraufhin hinterfragt werden, im welchem Umfang diese für einen Strategieeinsatz infrage kommen. Des weiteren müssen die Voraussetzungen und die Konsequenzen ihres möglichen Einsatzes im Hinblick auf die Zielerreichung verglichen und bewertet werden. Hierarchisch zwischen der Strategieebene und den Instrumenten liegen einzelne Handlungsfelder oder -schwerpunkte, die besonders relevant angesehene Politikbereiche umfassen, wie etwa die Effizienzsteigerung, die Erhöhung des Beitrags regenerativer Energieträger, die Schaffung von Märkten für Energiedienstleistungen oder eine Verstärkung der F u.E-Anstrengungen in unserer Volkswirtschaft.

Diese Handlungsoptionen können einander ergänzen, gegebenenfalls parallel verfolgt werden. Sie können sich aber auch gegenseitig blockieren oder beeinträchtigen und mehr oder weniger weit reichende Trade Offs nach sich ziehen. Dies bedeutet, dass sie vor dem Hintergrund der übergeordneten strategischen Grundausrichtung miteinander abgeglichen werden müssen, um dem Anspruch an ein rationales Konzept nachhaltiger Energieversorgung gerecht zu werden.

Da nicht automatisch von der Erfüllung der mit einer Nachhaltigkeitsstrategie verfolgten Zielsetzungen durch den Markt auszugehen ist, werden der Politik in diesem Zusammenhang explizite Aufgaben zugewiesen. Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit einer Auseinandersetzung mit der Rolle des Staates. Da sich hieraus auch das An-

[84] Unter „No-regret“ Maßnahmen sind Maßnahmen zu verstehen, die zu einer Minderung von CO_2-Emissionen führen, ohne die Kosten der Bereitstellung von Energiedienstleistungen zu erhöhen.

forderungsprofil an eine Strategie zur Realisierung des Konzeptes einer nachhaltigen Energieversorgung ableiten lässt, soll die Skizzierung der Rolle des Staates in einem Konzept nachhaltiger Energieversorgung den folgenden Ausführungen vorangestellt werden.

Vor dem Hintergrund dieser grundsätzlichen Erörterungen werden sodann die im Rahmen einer Strategie nachhaltiger Energieversorgung grundsätzlich infrage kommenden Instrumente analysiert und miteinander verglichen. Ziel ist die Verdeutlichung der sich eröffnenden Möglichkeiten, aber auch der mit ihrem Einsatz gegebenenfalls verbundenen Voraussetzungen und Probleme sowie der sich ableitenden Erkenntnisse.

6.2 Ziel und Zielsystem einer Nachhaltigkeitskonzeption sowie Konsequenzen für eine Nachhaltigkeitsstrategie im Energiebereich

Das Ziel einer nachhaltigen Energieversorgung wurde bereits im Zwischenbericht definiert: Die Sicherung einer Energieversorgung, die die Bedürfnisse der derzeitigen Generation bestmöglich, d. h. ökologie-, ökonomie- und sozialverträglich befriedigt, ohne die Chancen zukünftiger Generationen (intergenerativer Interessenausgleich), wie auch diejenigen heute lebender Menschen unbillig zu beeinträchtigen.

Die im Rahmen eines solchen Konzeptes anzustrebenden Nachhaltigkeitsziele sind gleichrangig und daher mit derselben Intensität zu verfolgen.

In weiten Bereichen können diese parallel zueinander verfolgt werden, ohne einander zu beeinträchtigen; häufig unterstützen sie einander oder bedingen sich sogar gegenseitig. (z. B. hohes Wachstum führt über frühzeitige Erneuerung des Kapitalstocks einer Volkswirtschaft zur beschleunigten Durchsetzung eines ressourcenschonenden technischen Fortschritts). Es kann aber auch nicht ausgeschlossen werden, dass die Verfolgung einer Dimension der Nachhaltigkeit zulasten der Realisierung einer anderen Dimension erfolgt (z. B. wenn überzogene oder überhastet ergriffene oder im nationalen Alleingang verfolgte Umweltschutzziele auf Kosten von Wettbewerbsfähigkeit und Wirtschaftswachstum oder Beschäftigung und sozialem Ausgleich realisiert werden). In diesen Fällen sind ein transparenter öffentlicher Diskurs und schließlich eine demokratische Mehrheitsentscheidung unverzichtbar.

Die mit dem Konzept einer nachhaltigen Energieversorgung verknüpften Ziele können bestmöglich erreicht werden, wenn die Energieversorgung zu den langfristig niedrigsten volkswirtschaftlichen Kosten erfolgt. Ein solches Konzept ist

– nicht kurzfristig, sondern langfristig ausgerichtet.
– Es orientiert sich nicht an den einzelwirtschaftlichen Kosten und/oder Zielverzichten einzelner Wirtschaftssubjekte, sondern an der volkswirtschaftlichen Betrachtung.
– Nicht die Energiekosten im engeren Sinne (Energieträgereinsatz) werden minimiert, sondern der gesamte Ressourcenverzehr, der mit der Befriedigung eines bestimmten Bedarfs an Energiedienstleistungen verbunden ist.

In dieser Konzeption spiegeln die Preise die tatsächliche Knappheit der Ressourcen wider. Anbieter wie Nachfrager erhalten adäquate Preissignale, die Produktionsfaktoren werden in die jeweils produktivste Verwendung gelenkt und nach ihrem Produktivitätsbeitrag entlohnt. Verschwendung ist definitionsgemäß ebenso ausgeschlossen wie Unterversorgung.

Eine Strategie nachhaltiger Energieversorgung im Sinne einer umfassenden, rational begründeten Handlungsanleitung zur Realisierung vorgegebener Ziele unter Einsatz bestimmter Instrumente umfasst daher grundsätzlich drei Teilaspekte:

1. Die Etablierung und Sicherung eines langfristig orientierten vom Staat zu setzenden und zu garantierenden marktwirtschaftlichen Ordnungsrahmens,
2. die Internalisierung gegebenenfalls zu verzeichnender externe Effekte und
3. die Eliminierung (oder zumindest den Abbau) von Hemmnissen, die dem Wirken des Marktmechanismus entgegenstehen.

6.3 Die Rolle des Staates im Rahmen einer Nachhaltigkeitsstrategie

Auch in einem wirtschaftspolitischen System – und erst recht in einer sozialen Marktwirtschaft – sind die am Markt tätigen Akteure keineswegs ungeschützt den Marktkräften und Machtkonzentrationen ausgeliefert. Vielmehr ist es wichtigste Aufgabe des Staates, einen adäquaten Ordnungsrahmen zu setzen und zu sichern, innerhalb dessen sich der Marktmechanismus mit effizienten Märkten und sozialem Ausgleich zu entfalten vermag.

Dies gilt insbesondere vor dem Hintergrund des von der Liberalisierung der Energiemärkte ausgelösten Paradigmenwechsels und der zwischenzeitlich als Ergebnis unternehmerischer Anpassungsprozesse zu konstatierenden Veränderungen von Marktstrukturen und -verhaltensweisen im gesamteuropäischen Kontext.

Diese ordnungspolitische Grundausrichtung bedarf jedoch der Ergänzung. Zum einen müssen die gegebenenfalls vorliegenden externen Effekte internalisiert werden, zum andern müssen die in der Realität vorliegenden vielfältigen Hemmnisse und Restriktionen beseitigt werden, die der Entfaltung der Marktkräfte entgegenstehen und insofern den Marktmechanismus blockieren können.

Staatliche Eingriffe sind in einem marktwirtschaftlichen System dann geboten, wenn der Markt wirtschafts- und gesellschaftspolitische Ziele nicht, nur teilweise oder nicht fristgerecht realisieren kann. Dies gilt zum Beispiel für den Fall, dass die Gesellschaft andere verteilungspolitische Prioritäten setzt als sie am Markt zustande kommen.

Auch wenn die Gefahr von mehr oder weniger ausgeprägtem Marktversagen auf Grund des Vorliegens von

Externalitäten nicht ausgeschlossen werden kann, können staatliche Eingriffe nötig werden. Dies ist dann der Fall, wenn von wirtschaftlichen Aktivitäten im konsumtiven wie produktiven Bereich Auswirkungen auf unbeteiligte Dritte ausgehen (im Sinne von Kosten und/oder Zielverzichten oder auch Begünstigungen), ohne dass diese Effekte sich in den Preisen niederschlagen und insofern auch nicht (unbedingt) entscheidungsrelevant werden.

Konkret geht es bei der Internalisierung externer Effekte im Sinne nachhaltiger Energieversorgung darum, der Nutzung der Ressource Umwelt und Natur einen Wert beizumessen und diese damit dem Markt zu unterwerfen. Immer dann, wenn externe Effekte vorliegen, kann für die Bereitstellung von Ressourcen kein angemessener Preis gefordert werden bzw. ist für die Inanspruchnahme kein Preis zu zahlen, so dass die Anreiz- und Steuerungsfunktion des Preismechanismus auf Märkten insofern außer Kraft gesetzt ist. Wichtig ist hierbei die Frage, ob diese Beeinträchtigungen oder Begünstigungen auch als solche erfasst werden oder – wie im Falle zukünftiger Generationen – erfasst werden können. Auch wenn sich der Staat in diesen Fällen der vermeintlichen Interessen der Betroffenen annimmt oder – im Falle zukünftiger Generationen – meint annehmen zu müssen, bleibt gleichwohl ein Rechtfertigungszwang staatlicher Eingriffe gegenüber den Interessen der heute Lebenden.

Suboptimale Ergebnisse, sowohl quantitativ als auch im zeitlichen Verlauf, sind aber auch nicht auszuschließen, wenn dem Wirken des Marktmechanismus unterschiedlichste Restriktionen entgegenstehen. Dies ist z. B. der Fall, wenn Wirtschaftssubjekte nicht über ausreichende Informationen im Hinblick auf effiziente Ausgestaltungsmöglichkeiten von Energieangebot oder Energiebedarfsdeckung verfügen, Defizite im Ausbildungsstand vorliegen, Finanzierungsengpässe auftreten oder die Kapitalbeschaffungsmöglichkeiten begrenzt sind. Ferner gilt dies auch, wenn institutionelle Restriktionen (Mieter-Vermieter-Dilemma, Denkmalschutz) zu verzeichnen sind, die Machtverteilung auf einzelnen Märkten die Durchsetzung bestimmter für richtig erkannter Vorgehensweisen behindert oder individuelle Risikoerwartungen oder Liquiditätspräferenzen nicht mit gesamtwirtschaftlichen übereinstimmen.

Im Zusammenhang mit einer nachhaltigen Energieversorgung werden externe Effekte aus den Konsequenzen abgeleitet, die bei einer Fortsetzung der derzeitigen Energieverbrauchstrends aus einer Gefährdung des Klimas sowie einer Übernutzung der verfügbaren Ressourcen für zukünftige Generationen und für die bislang unterprivilegierten Schwellen- und Entwicklungsländer resultieren könnten. Das Vorliegen positiver externer Effekte wird dabei häufig als weniger gravierend erachtet. Dies scheint eine unzulässige Verkürzung: positive externe Effekte verdienen grundsätzlich ein ebenso starkes staatliches Engagement wie negative.

Da Aussagen über gegebenenfalls vorliegende externe Effekte immer auch Aussagen über komplexe, nicht immer im Detail verstandene Ursache-Wirkungs-Beziehungen bedingen und sie in vielen Fällen zukunftsbezogen sind, verbleiben Ungewissheiten über Charakter und Größenordnung und Bedeutung dieser Effekte. Hierzu zählen unter anderem die nationale wie internationale Entwicklung von Energieangebot und -nachfrage, die Verbraucherpräferenzen, der technische Fortschritt, die Adaptationsfähigkeit biologischer, physischer oder gesellschaftlicher Systeme. Gleichzeitig können jedoch auch – möglicherweise – beträchtliche Risiken (hohes Schadensausmaß bei noch so geringen Wahrscheinlichkeiten) nicht ausgeschlossen werden. Daher muss dem Vorsorgeprinzip entsprochen werden, das eine Abwägung der damit verbundenen Implikationen, Kosten, Zielverzichte und Drittwirkungen voraussetzt. So unverzichtbar eine Internalisierung externer Effekte ist, um den Markt erst in die Lage zu versetzen, die in ihn gesetzten Erwartungen zu erfüllen, so notwendig ist gleichzeitig eine explizite Begründung hierauf abstellender staatlicher Eingriffe. Dies gilt sowohl der Größenordnung nach als auch im Hinblick auf die jeweils konkret ergriffenen Maßnahmen.

Dabei kann das Auftreten von externen Effekten auf unterschiedlichste Faktoren zurückgeführt werden:

- Eigentumsrechte fehlen, so dass Beeinträchtigte Belastungen empfinden, die aus privaten oder gewerblichen Aktivitäten anderer resultieren. Diese sind eindeutig zuzuordnen. Allerdings sind sie in der Regel nicht erfolgreich – etwa vor Gericht – gegenüber den Verursachern durchsetzen. Dies gilt nicht zuletzt für den internationalen Bereich und die von ungleicher Machtverteilung gekennzeichneten Verhältnisse zwischen Staaten und Staatengruppen wie zwischen Entwicklungsländern und industrialisierter Welt.
- Ähnliches gilt, wenn mit bestimmten Aktivitäten eine Begünstigung Dritter verbunden ist, ohne dass diese gegenüber dem Begünstigten erfolgreich geltend gemacht werden kann. Dies ist insbesondere bei öffentlichen Gütern mit Nichtrivalität des Konsums und Versagen des Ausschlussprinzips gegeben.
- Diejenigen, die erst in Zukunft betroffen sein werden, können ihre Interessen nicht gegenüber heute agierenden Verursachern durchsetzen. Auf der anderen Seiten können naturgemäß auch gegenüber erst zukünftig Begünstigten von heute Betroffenen keine Ansprüche geltend gemacht werden.
- Verursachungen oder auch Beeinträchtigungen bzw. Begünstigungen können nicht eindeutig nachgewiesen werden. Dies gilt nicht zuletzt für langfristige Wirkungszusammenhänge oder Synergieeffekte.
- Die Belastung des einzelnen wird – wie bei Gesundheitsschäden – durch die Solidaritätsgemeinschaft der Versicherten „sozialisiert".

Nach der Erfassung der externen Effekte müssen diese quantifiziert und monetarisiert sowie schließlich internalisiert werden. Hierfür bieten sich unterschiedliche Wege, aber auch unterschiedliche Instrumente an.

Dies betrifft zum einen die Entscheidung für mehr oder weniger als geeignet anzusehende Strategien, zum anderen jedoch auch die Entscheidung für den Einsatz als geeignet anzusehender Instrumente. Diese sind unter Berück-

sichtigung der nach wie vor bestehenden Ungewissheiten nach Maßgabe ihres Zielbeitrags (Effektivität), ihrer Effizienz sowie der mit ihnen eventuell verknüpften Trade Offs zu bewerten. Grundsätzlich wird für eine marktkonforme, global wirkende und international eingebettete sowie flexible wie reversible und umfassend angelegte Vorgehensweise plädiert, die sich nicht auf den Energiebereich beschränkt und die Reduktion sämtlicher Treibhausgase ebenso einbezieht wie die Erschließung von Senken, die Erhöhung der Adaptationsfähigkeit sowie die Möglichkeit zur Kompensation von Schäden.

Im Umkehrschluss bedeutet dies aber auch, dass durch eine volle Internalisierung externer Effekte und durch den Abbau von Hemmnissen prinzipiell die Gefahr eines Marktversagens ausgeschlossen werden könnte. Es wäre sichergestellt, dass der Marktmechanismus bestmöglich die angestrebten Ziele nachhaltiger Energieversorgung realisiert.

Hat der Staat erst einmal die externen Effekte internalisiert und dem Marktmechanismus entgegenstehende Hemmnisse beseitigt, sind weitere staatliche Interventionen nicht mehr zu rechtfertigen. Zusätzlich muss berücksichtigt werden, dass der Gefahr von Marktversagen auch die Gefahr von Bürokratie- und Politikversagen gegenübersteht. Dies gilt insbesondere, weil der Hinweis auf das Vorliegen von externen Effekten auch zur Begründung aller möglichen Eingriffe missbraucht werden kann. Politikversagen liegt jedoch auch dann vor, wenn der Staat versäumt, externe Effekte verursachungsgerecht zu internalisieren und Hemmnisse zu beseitigen.

Demzufolge ist festzuhalten, dass im Rahmen von Nachhaltigkeitsstrategien zunächst eine möglichst weitgehende Internalisierung etwaiger externer Effekte im Sinne einer Inwertsetzung der Ressource Umwelt und Natur angestrebt werden muss.

So unbestritten diese Forderung ist, so schwierig erweist sie sich in der Praxis bzw. bei der Umsetzung. Internalisierung setzt nämlich voraus, dass externe Effekte nicht nur identifiziert, quantifiziert und monetarisiert, sondern auch – und zwar explizit unter Würdigung der mit einer Internalisierung in Kauf zu nehmenden Trade Offs – bewertet werden müssen. Daher muss zunächst eine Erfassung, Quantifizierung und Monetarisierung der mit der Energieversorgung oder verschiedenen Energieversorgungskonzepten einhergehenden externen Effekte erfolgen, auch wenn sich dies angesichts der immer noch begrenzten Möglichkeiten der Erfassung vor allem von Synergie- und Langfristwirkungen auf der einen Seite sowie der Adaptationsmöglichkeiten physischer, biologischer und gesellschaftlicher Systeme auf der anderen als noch so schwierig erweisen mag.

Zum Fragenkomplex „externe Effekte“ sind in den vergangenen Jahrzehnten eine ganze Reihe von Arbeiten vorgelegt worden. Die Ergebnisse unterscheiden sich zum Teil beträchtlich, was zum einen darauf zurückzuführen ist, dass zwischenzeitlich durch bestimmte energie- und umweltpolitische Maßnahmen (z. B. Rauchgasentschwefelung und –entstickung im Kraftwerksbereich oder drastische Reduzierung der Schwermetallemissionen im Mineralölbereich) ein Teil der zu verzeichnenden externen Effekte internalisiert wurde. Zum anderen unterscheiden sich die Arbeiten auch in der jeweiligen Tiefe der Analyse, vor allem aber in den zum Teil völlig unterschiedlichen zugrundegelegten Bewertungskriterien. Dies gilt nicht zuletzt für die Erfassung der von einem Betrieb von Kernkraftwerken tatsächlich oder vermeintlich ausgehenden Gefährdungstatbestände, in denen ohne jeden Zweifel auch ideologische Grundsatzpositionen zum Ausdruck kommen. Unter sämtlichen bislang zu dieser Fragestellung durchgeführten Untersuchungen überzeugen die von ExternE vorgelegten Ergebnisse (vgl. Tabellen 8 und 9 in Kapitel 5) aufgrund ihrer Neutralität und werden daher der weiteren Betrachtung zugrundegelegt. Dies schließt jedoch nicht aus, dass mit fortschreitendem Kenntnisstand die Basis von Internalisierungsstrategien immer wieder zu überprüfen und gegebenenfalls anzupassen ist.

Schließlich müssen die so ermittelten externen Effekte internalisiert werden. Hierfür bieten sich unterschiedliche – oben beispielhaft aufgeführte – Handlungsschwerpunkte und innerhalb dieser Schwerpunkte unterschiedliche Instrumente an.

So plausibel es auf den ersten Blick erscheinen mag, bestimmte Handlungsschwerpunkte, Technologien oder Instrumente bei der Lösung der anstehenden Aufgabe zu bevorzugen, so wenig kann darauf verzichtet werden, diese einer unvoreingenommenen Analyse und einem vorurteilsfreien Vergleich zu unterwerfen. Nur so ist dem Anspruch an eine rationale, kompromisslos an den vorgegebenen Zielen orientierte Strategie nachhaltiger Energieversorgung gerecht zu werden. Die mit dem Einsatz bestimmter Instrumente verbundenen Implikationen in Form von Kosten, Zielverzichten und gegebenenfalls Beeinträchtigungen sonstiger wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Ziele sind explizit in eine vergleichende Bewertung mit einzubeziehen. Es folgt die Identifizierung, Bewertung und gegebenenfalls Eliminierung eventuell vorliegender Hemmnisse für eine vollständige Entfaltung der Marktkräfte. Vor dem Einsatz entsprechender Maßnahmen bzw. vor der Wahl und Konzipierung bestimmter Instrumente ist deren explizite Rechtfertigung erforderlich.

6.4 Instrumente im Vergleich

Grundsätzlich kommt sowohl für die Internalisierung externer Effekte als auch für die Beseitigung von Hemmnissen eine breite Palette von Instrumenten – bezogen auf bestimmte Maßnahmen – in Frage. Diese sind vorab jeweils sorgfältig zu analysieren, in ihrer zukünftigen Wirkung zu simulieren und in einer Kosten-/Nutzen-Betrachtung im Vergleich zu bewerten.

Hierfür sind geeignete Bewertungskriterien erforderlich. Dazu zählen vor allem:

– Effektivität (d. h. mit welchem Zielerreichungsgrad bei Einsatz bestimmter Instrumente gerechnet werden kann, in welchem Ausmaß sich diese Effekte gegebenenfalls im Zeitablauf entfalten aber auch welche Ungewissheiten im Hinblick auf die Ausnutzung von

Umgehungs- und Verlagerungsmöglichkeiten verbleiben und inwieweit dem Gesichtspunkt der Verursachergerechtigkeit entsprochen wird);

– Flexibilität und Reversibilität (d. h. welche Möglichkeiten einzelne Instrumente eröffnen, gegebenenfalls auch kurzfristig auf gravierende Änderungen des relevanten Umfeldes regieren und – zunächst für richtig angesehene – Weichenstellungen korrigieren zu können);

– Effizienz (d. h. welche Kosten-/Nutzenrelationen oder auch Nutzwertrelationen mit dem Einsatz bestimmter Instrumente verbunden sind, und zwar unter Berücksichtigung gegebenenfalls in Kauf zu nehmender Transaktionskosten, des regulatorischen, des administrativen und des Kontrollaufwands, privater Zielverzichte oder der Notwendigkeit zur Inanspruchnahme öffentlicher Haushalte);

– dynamische Anreizwirkung (d. h. welche Incentives bzw. Disincentives vom Instrumenteneinsatz möglicherweise z. B. im Hinblick auf die Forcierung des energie- und umwelttechnischen Fortschritts ausgehen);

– Trade Offs (welche Nebenwirkungen hiermit gegebenenfalls einhergehen, wie z. B. die Unterstützung/Beeinträchtigung der Realisierung sonstiger wirtschafts- und gesellschaftlicher Ziele wie Wachstum, Beschäftigung, Verteilung oder auch in Kauf zu nehmende Beeinträchtigungen des gesamten marktwirtschaftlichen Systems (z. B. durch drastische Steigerung der Staatsquote oder durch die Belastung des Haushalts), der nationalen Rechtsordnung oder einschlägiger EU-Bestimmungen);

– Hinzu kommen ergänzende Kriterien wie Transparenz, Vorhersehbarkeit und Verlässlichkeit, Akzeptanz und Durchsetzbarkeit.

Auch auf Basis dieser Kriterien setzt eine abschließende Bewertung voraus, dass die einzelnen infrage kommenden Maßnahmen und Instrumente hinreichend konkretisiert werden (können), da die von ihrem Einsatz ausgehenden gewünschten oder auch unerwünschten Wirkungen nicht zuletzt auch von deren konkreter Ausgestaltung abhängen.

Grundsätzlich können Instrumentengruppen wie Steuern oder handelbare Zertifikate gegenüber ordnungsrechtlichen Auflagen in ihren Wirkungsmechanismen analysiert werden. Für eine Erfassung der Wirkung im Einzelnen ist es aber notwendig, spezifische z. B. Emissionssteuern, und hierunter wiederum eine CO_2-Steuer oder eine Treibhausgas (THG)-Steuer mit deren konkreter Ausgestaltung (nach Besteuerungsgegenstand, Steuersätzen und gegebenenfalls deren Entwicklung, der Mittelverwendung, Fristen, Ausnahmeregelungen, Kontroll- und Sanktionsmechanismen u. a.) in den Blick zu nehmen und sie z. B. mit spezifischen Formen und Ausgestaltungsvarianten von Systemen handelbarer Zertifikate zu vergleichen.

Darüber hinaus müssen für eine explizite Erfassung der Instrumentenwirkungen grundsätzlich auch die Bedingungen definiert werden, unter denen die einzelnen Instrumente jeweils zum Einsatz kommen sollen. Denn hiervon werden ebenfalls die von ihnen ausgelösten Effekte nachhaltig beeinflusst. (Wichtig scheint in diesem Zusammenhang z. B., ob eine spezielle Emissionssteuer zusätzlich zum vorhandenen System von Steuern, ordnungsrechtlichen Auflagen oder Selbstverpflichtungen eingeführt oder diese möglicherweise ersetzt , ob sie national isoliert oder z. B. europaweit abgestimmt eingeführt werden soll, welche Optionen eröffnet oder ausgeschlossen werden u. a. m.) Dabei gilt es, sich von vorneherein der Grenzen einer exakten Erfassung der vom Einsatz bestimmter Instrumente ausgehenden Folgen bewusst zu sein.

Dies lässt sich anschaulich am Beispiel Steuer verdeutlichen: Hierbei ist nämlich nicht nur zu berücksichtigen, ob bzw. wie oder inwieweit eine bestimmte Steuer (im Preis) überwälzt oder auch zurückgewälzt wird, sondern auch, ob und wie stark der Verbraucher auf bestimmte steuerinduzierte Preissteigerungen reagiert. Dies hängt nicht nur von der individuellen Belastung und den Ausweichmöglichkeiten des einzelnen ab, sondern unter anderem auch von den jeweiligen Präferenzen. Ähnliche Vorbehalte gelten hinsichtlich einer exakten Erfassbarkeit der von der Einführung einer solchen Steuer ausgehenden Trade Offs, d. h. unerwünschter Drittwirkungen auf andere Ziele wie Beschäftigung, Wettbewerbsfähigkeit oder Verteilung.

Dieses Problem stellt sich mit besonderer Dringlichkeit, wenn es gemäß dem Drei-Säulen-Modell darum geht, bei der Verfolgung der Nachhaltigkeitsziele gleichrangig ökologische, ökonomische und soziale Aspekte zu berücksichtigen, da mit großer Wahrscheinlichkeit Zielkonflikte ausgetragen werden müssen. Bereits die Umsetzung der Forderung, das bestehende System von Vorschriften, Gesetzen und Verordnungen im Hinblick auf Nachhaltigkeitsaspekte zu durchforsten und gegebenenfalls zu ändern ist problematisch, weil jede nennenswerte Änderung Drittwirkungen auslösen wird, die jedoch schwer abzuschätzen und zu beurteilen sind. Zielkonflikte – auch gravierenden Ausmaßes – werden sich nicht vermeiden lassen, wenn – auch nach Internalisierung der externen Effekte und Hemmnisabbau – das Potenzial an „No-regret“-Optionen ausgeschöpft sein sollte, das (netto) ohne Inkaufnahme von zusätzlichen Kosten realisiert werden kann. Das einzige für diese Fälle akzeptable Lösungsverfahren besteht darin, die Zielkonflikte öffentlich, unvoreingenommen und fair sowie unter Offenlegung der im einzelnen unterstellten Annahmen und Bewertungskriterien auszutragen und sodann demokratisch zu entscheiden.

Vor diesem Hintergrund kann es nicht Aufgabe sein, im Rahmen der Arbeit einer Enquete-Kommission in eine vertiefte Erörterung oder gar Bewertung des ganzen Spektrums oder einer Auswahl bereits heute eingesetzter Instrumente einzutreten. Eine solche Vorgehensweise würde viel zu stark von den aktuell gültigen Ausgestaltungsvarianten, Einsatzbedingungen, Wirkungsmechanismen oder Bewertungsproblemen bestimmt, so dass eine unvoreingenommene Auseinandersetzung mit dem Spektrum grundsätzlich offen stehender Instrumental-

ternativen notgedrungen leiden müsste. Inakzeptabel erschiene jedoch auch, auf eine Instrumentendiskussion gänzlich zu verzichten und diese als im einzelnen noch zu lösende Aufgabe zukünftigen Regierungen zu überlassen. Entscheidend ist, dass eine unvoreingenommene Bewertung der einzelnen infrage kommenden Instrumente erfolgen muss und vor der konkreten Umsetzung des am besten geeignetsten Instrumentariums die zu erwartenden Wirkungen bewertet werden müssen. Gegebenenfalls zu verzeichnende Kosten und Zielverzichte (auch im Sinne von Drittwirkungen) müssen dementsprechend den erhofften Zielbeiträgen für eine nachhaltige Energieversorgung gegenübergestellt werden. Dies kann – muss aber nicht – durchaus auch zu einer Neuformulierung der zunächst angestrebten Teilziele im Rahmen einer Konzeption nachhaltiger Energieversorgung führen.

Daher scheint eine Komplexitätsreduktion, ein bewusster Verzicht auf Aktualität wie Vollständigkeit, aber auch eine Konzentration auf besonders aussichtsreich erscheinende Instrumententypen unumgänglich.

Bereits eine grobe Prüfung führt zu dem Ergebnis, dass bestimmte Instrumente, wie z. B. Information und Beratung oder „moral suasion“, schon unter Effektivitätsgesichtspunkten für eine Internalisierung externer Effekte allenfalls ergänzenden Charakter besitzen und daher als weniger relevant einzustufen sind. Gleichzeitig ist es weitgehend aussichtslos, das ganze Ausmaß externer Effekte erfolgreich, effektiv, effizient und mit einem Minimum an unerwünschten Drittwirkungen zu internalisieren, ohne Rückgriff auf global, d.h. über die ganze Breite wirkende und nicht zwischen einzelnen Sektoren, Energieträgern oder Technologien differenzierende Instrumente zu nehmen. Ein international abgestimmtes Vorgehen ist daher zwingend.

Global wirkende Maßnahmen können auch keinesfalls durch sektorspezifische Maßnahmen ersetzt werden, die zwar maßgeschneidert auf konkrete Bedingungen angepasst werden können, aber immer Probleme der Willkür, der Diskriminierung und damit der Akzeptanz und Durchsetzbarkeit sowie der mangelnden Effizienz und unübersehbarer negativer Trade Offs gegenüber global wirkenden Maßnahmen aufwerfen. Der Schwerpunkt sektorspezifischer Eingriffe sollte demgemäß im Bereich Hemmnisabbau liegen.

Innerhalb der Kategorie global wirkender Maßnahmen ist zwischen einer Reihe von Alternativen zu entscheiden:

Mittels ordnungsrechtlicher Maßnahmen, z. B. vorab definierter Standards ist es möglich, von vorneherein dem Entstehen externer Effekte in gewünschtem Maße entgegenzuwirken oder auch nachträglich durch ordnungsrechtliche Auflagen entstandene externe Effekte zu korrigieren. Daneben besteht die Möglichkeit, die von bestimmten Produktions- wie Konsumtionsprozessen ausgelösten externen Kosten durch einen – den unerwünschten Ressourcenverzehr verteuernden – Einsatz von Steuern oder Abgaben oder durch die Reduzierung von – den Ressourceneinsatz belohnenden und der Verschwendung Vorschub leistenden – Subventionen zu erfassen und sie explizit in das Entscheidungskalkül der Wirtschaftssubjekte zu transportieren.

Dasselbe gilt für die Einführung eines Systems handelbarer Zertifikate: Durch die Ausgabe (Verteilung, Versteigerung, Verkauf) von Zertifikaten kann den Marktteilnehmern die Knappheit einer Inanspruchnahme von Ressourcen verdeutlicht werden, indem über den Handel ein Preis generiert wird, der unmittelbar in die Verbrauchs- und/oder Investitions- bzw. Desinvestitionsentscheidungen der Wirtschaftssubjekte eingeht.

Schließlich bietet es sich an, freiwillige Selbstverpflichtungen – auch in Kombination mit den flexiblen Mechanismen des Kioto-Protokolls – explizit in den Dienst der Lösung von Internalisierungsaufgaben zu stellen.

6.4.1 Ordnungsrecht

Ordnungsrechtliche Eingriffe können als global wirkende Maßnahmen auf vielfältige Weise – z. B. als Gebote oder Verbote, als Standards oder als mengenmäßige Verpflichtungen bzw. Quoten usw. – konzipiert werden, obwohl ihr bevorzugter Einsatz im Bereich sektorspezifischer Maßnahmen liegt.

Als global wirkendes Instrument soll die Wirkung derartiger Eingriffe beispielhaft anhand von Auflagen zur Reduzierung des Energieeinsatzes oder des Ausstoßes von CO_2 bei Neuanlagen auf ein vorgegebenes Niveau (etwa in Form einer Wirkungsgradvorgabe) oder mit einer bestimmten Übergangszeit auch bei Altanlagen demonstriert werden. Derartige Maßnahmen wirken scheinbar als vergleichsweise effektiv (im Sinne der Zielerreichung):

Der Staat setzt anlagenbezogen ein bestimmtes Mengenziel. Dies stellt ein Datum für die gewerblichen und die privaten Verbraucher dar. Jedoch kommt es nicht nur auf die Einhaltung dieser Vorgaben an, sondern auch auf die Ausgestaltung derartiger Auflagen. Sofern sich das Mengenziel am Stand der Technik orientiert, besteht für den Investor (oder Käufer von Aggregaten) grundsätzlich die Möglichkeit, sich hierfür bei einer Neuanschaffung zu entscheiden (aber auch erst dann, s. u.) oder die Produktion bzw. den Konsum aufzugeben bzw. einzuschränken (oder aber auch lediglich zu verlagern, s. u.). Es besteht aber auch ein Anreiz, die Neuinvestition hinauszuschieben und – selbst im Zeitablauf alterungsbedingt steigende – Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen solange in Kauf zu nehmen, wie sich dies rechnet oder bis der Staat den Weiterbetrieb einer Altanlage unterbindet. Dies reduziert zwangsläufig einen frühen Erfolg solcher Maßnahmen im Sinne der Zielsetzung. Insbesondere für gewerbliche Verbraucher besteht die Möglichkeit, den Verbrauch in Länder mit weniger rigiden Zielsetzungen zu verlagern. Durch ein solches Vorgehen wird jedoch die erwünschte Zielsetzung im globalen Maßstab nicht erreicht. Im Gegenteil kann sogar insgesamt eine Verschlechterung eintreten, wenn die in diesen Ländern gültigen Maßstäbe noch niedriger sind als sie vor Einführung des neuen Mengenziels im Ursprungsland bereits realisiert waren. Die zuletzt angeführten Überlegungen gelten insbesondere,

wenn die Mengenziele so rigide gesetzt werden, dass sie mit der verfügbaren Technik überhaupt nicht oder nur unter Inkaufnahme nicht akzeptabeler (etwa im Hinblick auf die Konkurrenzsituation auf dem Weltmarkt oder gegenüber Importen) Kosten erfüllt werden können und/oder die Preiselastizität der Nachfrage so niedrig eingeschätzt werden muss, dass sogar Sanktionsmechanismen in Form drastischer Bußgelder keine Verhaltensänderungen bewirken, sondern getragen oder überwälzt werden. Es zeigt sich also, dass auch ordnungsrechtliche Auflagen durchaus legal umgangen werden können. Ob eine funktionierende Kontrolle bei Einführung derart umfassender Maßnahmen überhaupt realisiert und durch wirkungsvolle Sanktionsmechanismen unterstützt werden kann, ist fraglich. Sofern nachjustiert werden muss, ist die Vorhersehbarkeit und Verlässlichkeit der Maßnahmen für den Betroffenen nicht mehr gegeben. Wenn die Auflagen auf bereits realisierten Techniken aufbauen und die Mengenziele zusätzlich formuliert werden (Reduzierung um x-Prozent in y-Zeit ohne Berücksichtigung der Vorleistungen), hat dies zur Folge, dass bereits in der Vergangenheit im Nachhaltigkeitssinne ergriffene Maßnahmen bestraft werden. Hierdurch ist das angestrebte Ziel möglicherweise nicht durch einen Wechsel des Aggregates, vielleicht durch aufwendige Änderung des Verfahrens oder – falls dies angesichts der sich hieraus ergebenden technischen und wirtschaftlichen Probleme ebenfalls nicht möglich erscheint –, sondern nur durch Desinvestition oder Verbrauchseinschränkungen zu erfüllen. Damit sind unmittelbar gesamtwirtschaftliche Ziele wie Wachstum und Beschäftigung, aber auch Grundprinzipien jedes marktwirtschaftlichen Systems, nämlich die Konsumentensouveränität, tangiert.

Unter Effizienzgesichtspunkten schneiden ordnungsrechtliche Maßnahmen vergleichsweise ungünstig ab, auch wenn der mit der Realisierung höherer Wirkungsgrade verbundene Minderverbrauch an Energie dem Emittenten ebenfalls zugute kommt. Dieses kritische Urteil ergibt sich daraus, dass zwischen einzelnen Verbrauchern bzw. Anlagen nicht hinreichend differenziert wird und daher z. B. Ressourcenschonungs- oder Klimaschutzziele nicht vorzugsweise oder ausschließlich an den Stellen realisiert werden, wo dies zu den jeweils niedrigsten Kosten möglich ist. Bei anlagenbezogenen Auflagen ist keinerlei Optimierung möglich, da Kompensationen innerhalb eines Anlagenparks, zwischen einzelnen Sektoren bzw. Wirtschaftssubjekten und auf internationaler Ebene ausscheiden. Der Marktmechanismus kommt nicht zum Zug.

Auflagen stellen daher die prinzipiell teuerste Lösung unter allen global wirkenden Maßnahmen dar. Die Alternative, hinsichtlich der Auflagen zwischen einzelnen Verbrauchskategorien oder Anlagentypen zu differenzieren, würde jede Bürokratie überfordern und im übrigen der Diskriminierung und Willkür Tür und Tor öffnen. Hieraus abgeleitet wären mangelnde Akzeptanz und Durchsetzbarkeit sowie Versuche zur Umgehung nahezu zwangsläufig die Folge. Auch bei Verlagerung wirtschaftlicher Aktivitäten werden voraussichtlich Zusatzkosten für die Unternehmen anfallen, ohne dass dem ein klimapolitischer Nutzen gegenübersteht. Darüber hinaus sind derartige Auflagen im Hinblick auf den technischen Fortschritt kontraproduktiv, da dynamische Anreizwirkungen zur Entwicklung oder frühzeitigen Einführung neuer Techniken fehlen.

Ordnungsrechtliche Maßnahmen schneiden hinsichtlich der Trade Offs ebenfalls vergleichsweise ungünstig ab. Dies gilt zunächst für den zu unterstellenden Kontroll- und Sanktionsaufwand. Wesentlich bedeutsamer jedoch sind die zu erwartenden negativen Wettbewerbswirkungen. Da kaum erwartet werden kann, dass im Hinblick auf ordnungsrechtliche Auflagen eine Abstimmung zumindest mit den wichtigsten Handelspartnern der Bundesrepublik Deutschland erfolgen wird, wirken die mit einer Erfüllung der Auflagen verbundenen Maßnahmen kostensteigernd und wettbewerbsverzerrend zulasten des Industriestandorts Deutschland. Eine mögliche Verlagerung der Produktion kostet Arbeitsplätze, ohne einen Beitrag zur Lösung der angestrebten Ziele zu leisten. Im konsumtiven Bereich wird die zur Verfügung stehende Kaufkraft gebunden, was ebenfalls in negative Richtung wirkt. Akzeptanz und Durchsetzbarkeit einer solchen Maßnahme sind minimal. Dem Investor fehlt jede Perspektive. Die betriebswirtschaftlichen Risiken sind nur dann kalkulierbar, wenn mit der Investition Bestandsschutz gewährt werden kann, was aufgrund der in Zukunft stark steigenden Ansprüchen eher unrealistisch ist.

Damit erweisen sich generell ansetzende ordnungsrechtliche Auflagen im Ergebnis als kostspielig und sind mit erheblichen negativen Trade Offs verbunden. Sie sind starr, konterkarieren den technischen Fortschritt und können kaum als reversibel angesehen werden. Die Akzeptanz- und Durchsetzungsprobleme sind beträchtlich. Dennoch scheiden auch ordnungsrechtliche Eingriffe nicht von vorneherein aus der Instrumentendiskussion zur Sicherung nachhaltiger Energieversorgung aus. Sie werden aber im wesentlichen in den Bereichen Eingang finden können, in denen andere Instrumente – wie z. B. Steuern – sich als politisch nicht durchsetzbar erweisen, Subventionen nicht finanzierbar sind oder handelbare Zertifikate für nicht praktikabel erachtet werden (so z. B. im Haushalts- und Kleinverbrauchs- und im Verkehrsbereich).

6.4.2 Steuern

Auch der Einsatz des steuerlichen Instrumentariums zählt zu den Maßnahmen zur Erreichung energie- und umweltpolitischer Ziele. Zwar stehen prinzipiell fiskalische Zielsetzungen bei jeder Steuer im Vordergrund, jedoch haben gleichzeitig verfolgte Lenkungseffekte eine lange Tradition. Dabei geht man davon aus, dass die Steuererhebungen zu einer Verteuerung von Gütern und/oder Dienstleistungen führt, dadurch die Nachfrage sinkt und damit über den Marktmechanismus die angestrebte Zielsetzung erreicht wird. Der Verbraucher – über den Preis mit den Konsequenzen seiner Ressourcennutzung oder Umweltinanspruchnahme konfrontiert – entscheidet individuell, ob er sein Verhalten ändern oder den höheren Preis zahlen will.

Um als global wirkendes Instrument eingesetzt werden zu können, muss die Steuer entsprechend ausgestaltet sein.

In den bei weitem meisten Fällen finden steuerliche Ansätze im Rahmen sektorspezifischer Maßnahmen Eingang, wenn sie z. B. wie die Mineralölsteuer auf einzelne Energieträger bezogen sind, nur bestimmte Verfahren wie die Stromerzeugung auf Basis fossiler Energieträger und die Kernenergie erfassen oder nur bestimmte Verbraucher besteuern.

Dies wird besonders deutlich bei der sogenannten „Öko-Steuer“, die einen bestimmten Bereich (den gewerblichen Bereich) ausgeklammert. Ihr Beitrag zum behaupteten Lenkungseffekt im Sinne eines Minderverbrauchs an Energie und einer damit einhergehenden tendenziellen Reduzierung der CO_2-Emissionen ist mehr als zweifelhaft, da Strom auf Basis von Kernenergie in die Bemessungsgrundlage einbezogen wird, in besonderem Maße CO_2-emittierende Energieträger wie Kohle bei gleichzeitiger Diskriminierung der Kohlenwasserstoffe ausgeklammert werden, vor allem aber weitreichende Ausnahmebestimmungen für gewerbliche Stromverbraucher festgelegt worden sind. Sie degeneriert zu einer Einnahmequelle zur Entlastung des Rentenversicherungsbudgets. Dabei ist nicht einmal sicher, ob diese Entlastung nicht Spielraum für zusätzliche Lohnkostensteigerungen an anderer Stelle eröffnet.

Als generell wirkende Maßnahme zur Internalisierung z. B. klimapolitischer Effekte müsste die Steuer im Sinne einer Emissionssteuer auf Treibhausgase ausgelegt werden, die sämtliche energetischen Umsetzungsprozesse, aber auch sonstige Emittenten wie die Intensivtierhaltung, die Düngung sowie relevante industrielle Prozesse einbezieht. Sofern die Erfassung des Verbrauchs von Energieressourcen beabsichtigt ist, wird eine Steuer dem Anspruch als global wirkendes Instrument nur gerecht, wenn die Gesamtheit aller Verbraucher nichtdiskriminierend erfasst wird und gleichzeitig die Steuersätze die Knappheit der einzelnen Energieträger widerspiegeln.

Unter Effektivitätsgesichtpunkten spricht für die Steuer, dass entsprechend dem Verursacherprinzip ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen der von einer bestimmten Aktivität ausgelösten Wirkung und dem Instrument hergestellt werden kann. Jedoch leidet jede Steuererhebung darunter, dass zwar die Steuersätze vorab festgelegt werden können, gleichzeitig aber wegen der weitgehend unbekannten – und sehr stark von den jeweiligen Umfeldbedingungen abhängigen – Überwälzungsprozesse sowie der nicht im einzelnen bekannten Preiselastizität der Nachfrage eine genaue Aussage über den von einer bestimmten Steuerhöhe ausgelösten Mengeneffekt nicht möglich ist. Politisch vorgegebene quantitative Ziele erfordern daher einen Anpassungsprozess des „trial and error“, was der Vorhersehbarkeit und damit auch der Durchsetzbarkeit und Akzeptanz diametral entgegensteht. Hinzu kommt, dass der erwünschte Lenkungseffekt auch bei vollständiger Überwälzung der Steuer durch das tatsächliche Preisgeschehen auf dem Weltmarkt und/oder einen – wenn auch erzwungenen – Erlösverzicht der Produzenten (Steuerrückwälzung) ohne weiteres unterlaufen werden kann. Umgekehrt wird bei stark steigenden Weltmarktpreisen der Ruf nach Aussetzung einer bereits eingeführten Lenkungssteuer laut.

Hinsichtlich der Effizienz des steuerlichen Instrumentariums gilt, dass über die Preissteuerung des Marktmechanismus den individuellen Präferenzen Rechnung getragen wird. Jedoch werden der Wirtschaft Mittel entzogen, die sodann für Investitionen in neue Techniken nicht mehr zur Verfügung stehen. Ob diese Mittel über eine Umverteilung des Aufkommens wieder zur Verfügung gestellt werden, ist zumindest offen, würde aber gleichzeitig bedeuten, dass eine Steuer auch kontraproduktiv sein kann. Jede Verhaltensänderung zur Reduzierung der Steuerlast hat – von nicht ohne weiteres zu unterstellenden win/win-Situationen abgesehen – ihren Preis (dieser kann in reifen Volkswirtschaften mit hoher Ausschöpfung des technischen Fortschritts in Form von Kosten und/oder Zielverzichten sehr hoch sein, denn die bislang unentgeltliche Nutzung wird ja gerade eingeschränkt). Dem gegenüber steht ein der Allgemeinheit zugute kommender Vorteil einer verbesserten Ressourcen- und Umweltsituation. Die genaue Fixierung eines optimalen Steuersatzes (Kosten = Nutzen) ist kaum möglich. Gleichwohl ist eine Lenkungswirkung gegeben. Jeder Verbraucher kann entscheiden, die Steuer zu tragen oder anlagenbezogen zu reagieren oder von der Möglichkeit einer völligen Aufgabe des Verbrauchs Gebrauch zu machen. Damit kann die Steuerzahlung die insgesamt billigere Lösung für den Verbraucher im Vergleich zu der auflagenbezogenen Variante darstellen. Unter Transaktionskostengesichtspunkten schneiden steuerliche Lösungen ohnehin wesentlich günstiger ab als Auflagen, da die Steuererhebung durch die Finanzbehörde erfolgt.

Von entscheidender Bedeutung für die Beurteilung der erwarteten Kosten-/Nutzenrelationen unter Berücksichtigung der Trade Offs eines global wirkenden Besteuerungsregimes ist schließlich die Verwendung der Mittel bzw. die Rückvergütung mit dem Ziel der Senkung der Staatsquote. Hierbei kommt es aber nicht nur auf die Höhe, sondern auch auf die Art der Rückvergütung an. Dabei besteht ein besonderes Problem in der Tatsache, dass bei erfolgreicher Einführung einer solchen Steuer im ressourcen- und klimapolitischen Sinn das Aufkommen systematisch reduziert wird. Als Konsequenz zieht dies die Notwendigkeit nach sich, entweder entsprechende Flexibilität in das System der Rückvergütung einzubauen oder die Steuersätze im Zeitablauf tendenziell anzuheben. Dies jedoch geht zu Lasten der Vorhersehbarkeit und Verlässlichkeit. Wie schon der Wissenschaftliche Beirat beim Bundesminister für Finanzen in seinem 1997 erstellten Gutachten festgestellt hat, zeigt sich die Finanzwissenschaft äußerst skeptisch, auch nur annähernd die allokativen sowie die beschäftigungs- und die verteilungspolitischen Wirkungen eines generellen ökologischen Umbaus des deutschen Steuersystems beurteilen zu können.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass das steuerliche Instrumentarium – entsprechend ausgestaltet – eines der wenigen global wirkenden Instrumente ist, das dem Verursachungsprinzip Rechnung trägt und die Suchprozesse des Marktes zur Realisierung der angestrebten Ziele nutzt. Es verspricht eine vergleichsweise hohe Effizienz. Hinzu kommt, dass bei diesem Instrument auch auf niedrigem Niveau begonnen und in vorhersehbaren kleinen

Schritten die Intensität des Eingriffs verstärkt werden kann. Wenn jedoch nicht ein zumindest die Industriestaaten umfassendes abgestimmtes Vorgehen unter Einbeziehung der heutigen Schwellenländer und unter Rückvergütung der mit den Steuern erhobenen Mittel erfolgt, birgt ein Besteuerungsregime mehr Probleme als Chancen. Dies gilt insbesondere bei inadäquater Ausgestaltung. Es verbleiben nicht nur Trade Offs von erheblicher Tragweite, sondern auch beträchtliche Risiken eines Fehlschlags bei möglicherweise hohen Kosten und Friktionsverlusten sowie – abgesehen von wenigen Teilsektoren – möglicherweise nur vergleichsweise niedrig zu veranschlagender Nutzen im Hinblick auf die Realisierung von Nachhaltigkeitszielen.

Entsprechend dem Votum des Finanzwissenschaftlichen Beirats besteht in hohem Maße Anlass, einen grundlegenden ökologisch orientierten Umbau des Steuersystems – und dies gilt ohne Einschränkung auch für eine ressourcen- wie klimapolitisch motivierte grundlegende Neuausrichtung des Steuersystems – mit Skepsis zu beurteilen. Die geringe Preiselastizität der Nachfrage bei Energie, die in der Belastung von Energieträgern wie Kraftstoffen und Elektrizität durch Steuern (Mineralölsteuer, Ökosteuer, Mehrwertsteuer) oder steuerähnliche Abgaben (Konzessionsabgabe, Umlage der Mehrkosten des EEG sowie der KWK, Bevorratungsbeitrag) zum Ausdruck kommt, sowie die vergleichsweise geringen Spielräume, die ein Ausstieg aus der Kernenergie für den Umstieg auf effiziente Alternativen belässt, lassen befürchten, dass bereits mittelfristig ein Steuervolumen in einer Größenordnung zu erheben und umzuverteilen ist, das in der Geschichte der modernen Finanzverfassung ohne Beispiel ist. Dabei wäre für weite Bereiche ein ressourcen- oder klimapolitischer Nutzen in hohem Maße ungewiss. In diesem Falle würde die Steuer zur reinen Finanzierungsquelle reduziert, die nach aller Erfahrung nur noch außerordentlich schwer wieder abgeschafft werden könnte.

Dennoch sollte auch das steuerliche Instrumentarium als eines der wenigen belastbaren und zugleich marktkonformen wirtschaftspolitischen Instrumente einer systematischen Prüfung und Bewertung unterzogen werden. Dies gilt insbesondere im Hinblick auf Vergleiche mit handelbaren Zertifikaten oder mit einem erweiterten Selbstverpflichtungsmodell. Es ist durchaus vorstellbar, dass eine Steuer z. B. auf die Emission sonstiger Schadstoffe einen effektiven und effizienten Beitrag zur Internalisierung der hiermit verknüpften externen Effekte zu leisten vermag. Auch als Ergänzung zu sonstigen global wirkenden Instrumenten wie handelbaren Zertifikaten oder ein weiter unten zu skizzierendes System einer fortentwickelten Selbstverpflichtung, ist eine Steuer denkbar. Entscheidend ist hierbei, nicht zuletzt wie auch bei den übrigen Instrumenten, die konkrete Ausgestaltung und das Umfeld, innerhalb dessen ein solches Instrument zum Einsatz gelangt.

6.4.3 Sonderabgaben und Subventionen

Ähnliche Überlegungen gelten prinzipiell auch für die Einführung global wirkender ressourcen- und klimapolitisch orientierter Sonderabgaben. Diese wirken prinzipiell wie Steuern. Ihr Aufkommen fließt jedoch nicht in den Haushalt, sondern in spezielle Fonds, aus denen eine gruppennützliche Verwendung der Mittel zu bestreiten ist. Hiervon verspricht man sich eine doppelte Hebelwirkung, da diese Rückvergütung durchaus im Sinne ressourcen- und klimapolitischer Ziele erfolgen kann. Anderseits kann die schwerwiegende Verletzung zentraler Haushaltsgrundsätze (Verbot der Zeckbindung von Einnahmen) nicht von der Hand gewiesen werden. Da die zweckdienliche Verwendung rückvergüteter Mittel wie eine Subvention (s. u.) wirkt und einem eingehenden Beurteilungsprozedere unterworfen werden muss, ist mit einem hohen bürokratischen Aufwand zu rechnen, der Willkür, Umgehung, Missbrauch und Diskriminierung nicht ausschließen kann.

In diesem Kontext sind auch Subventionen (staatliche Zuschüsse und/oder Steuererleichterungen) als global wirkende Instrumente zu diskutieren. Hierbei wird nicht wie bei der Steuer der Ressourcenverbrauch oder die Inanspruchnahme der Atmosphäre für die Entsorgung von Reststoffen verteuert, sondern die Nichtinanspruchnahme staatlicherseits begünstigt. Damit wird dem Verursacherprinzip widersprochen und versucht, die von einer unterlassenen Internalisierung aufgeworfene Lücke zu schließen. Um als global wirkendes Instrument eingestuft werden zu können, müssen auch Subventionen breit angelegt sein und z. B. der Verzicht auf Emission von Treibhausgasen nach Maßgabe ihrer Klimarelevanz oder der Verzicht auf Einsatz von Ressourcen nach Maßgabe ihrer Knappheit mit einer Prämie bedacht werden. In diesem Falle hat jeder (potentielle) Emittent die Möglichkeit, selber zu entscheiden, ob er von dieser Gelegenheit Gebrauch machen möchte. Hierbei muss selbstverständlich offen bleiben, ob tatsächlich nur ein erwünschter Verfahrenswechsel als Ergebnis eintreten kann oder auch ein Anreiz besteht, die Produktion (oder den Konsum) einzuschränken, die Subvention einzukassieren und an anderer Stelle – ressourcen- wie klimabelastend – wieder neu zu beginnen. Dies entspricht dann einer Stilllegungsprämie, ohne dass der erhoffte Klimaentlastungseffekt erreicht wird. Ob dies durch die Verknüpfung entsprechender Subventionen mit Investitionen im Inland ohne die Gefahr einer Diskriminierung möglich ist, muss geprüft werden. In jedem Falle ungeklärt ist jedoch die Frage, woher diese Subventionen aufkommensmäßig bestritten werden sollen. Realistisch betrachtet werden Subventionen daher nur im Einzelfall als sektorspezifische Maßnahme zeitlich befristet und degressiv ausgestaltet in Frage kommen können.

6.4.4 Handelbare Zertifikate

In jüngster Zeit rückt das Instrument handelbarer Zertifikate in den Blickpunkt der an global wirkenden Maßnahmen interessierten Öffentlichkeit. Dabei wird dieses Instrument in der Wissenschaft seit Jahrzehnten diskutiert und hat sich auch bereits auf dem US-Markt im Bereich des kaum vergleichbaren SO_2-Handels bewährt. Seinen eigentlichen Durchbruch hat der Emissionshandel durch seine von den USA betriebene Aufnahme in den Katalog der sogenannten flexiblen Mechanismen des Kioto-Proto-

kolls gefunden und zwar gleichberechtigt neben Clean Development Mechanism (CDM) und Joint Implementation (JI) (s. u.): Danach sollen Staaten (wobei diese die entsprechenden Rechte aber auch an Unternehmen delegieren können) ab dem Jahre 2008 die Möglichkeit besitzen, einen Teil der international verbindlich zugesagten Emissionsminderungen durch den Zukauf von Emissionsrechten zu erfüllen, aber auch überschüssige Minderungen in Form von Zertifikaten zum Kauf anzubieten.

Eine nähere Analyse zeigt, dass einem unternehmensbezogenen Emissionshandel entscheidende Voraussetzungen fehlen (z. B. Geltungsbereich des Kioto-Protokolls, Fehlen verbindlicher Erfassungs- bzw. Erfüllungs-Kriterien, Probleme eines Abgleichs mit international gültigen Bilanzierungsregeln), um als global wirkendes Instrument zur Erfüllung der staatlicherseits verbindlich eingegangenen Minderungsverpflichtungen gelten zu können. Es kann jedoch kaum bestritten werden, dass dies eine interessante Möglichkeit darstellt, bereits frühzeitig in weltweit operierenden Konzernen Erfahrungen mit diesem Instrument zu sammeln.

Die diesbezügliche EU-Richtlinie ist in der Diskussion wenig hilfreich. Gegen sie werden gravierende Einwände vorgetragen. Das Instrument des Emissionshandels nimmt so insgesamt Schaden. Dies gilt insbesondere für folgende Aspekte: Beschränkung auf die Stromerzeugung und wenige ausgewählte energieintensive Branchen, dadurch bedingte Diskriminierung , Einbeziehung nur von CO_2, Begrenzung nur auf den EU-Bereich, offene Probleme der Berücksichtigung von frühzeitig unternommenen Anstrengungen („Early Actions“) sowie der Ausgabe der Zertifikate, Ausschluss von Joint Implementation und CDM. Hinzu kommt eine einseitige Belastung der betroffenen Wirtschaftszweige mit der Gefahr der Standortverlagerung und nicht zuletzt der Gefährdung der Selbstverpflichtungen der deutschen Industrie. Mit der Möglichkeit, durch Teilnahme am Emissionshandel in günstigen Fällen Erlöse für nicht benötigte Zertifikate erzielen zu können, wird das System der Solidargemeinschaft unterlaufen, auf dem die Selbstverpflichtungen in entscheidendem Maße basieren. Vor diesem Hintergrund ist es unverständlich, dass auf europäischer Ebene ein mehr als problematisches, nicht ausgewogenes Konzept mit den Stimmen derjenigen Ländern beschlossen werden soll, die sich davon eindeutige Vorteile versprechen können. Die Bundesrepublik Deutschland hat im Rahmen des „burden sharing“ den bei weitem größten Teil der von der EU insgesamt eingegangenen Minderungsverpflichtung übernommen (nach den auf der Konferenz in Marrakesch vorgenommenen Modifikationen entspricht dies sogar mehr als 100 %). Das Argument, die deutsche Industrie profitiere insgesamt von einem solchen Regime, ist nicht abschließend diskutiert.

Das System handelbarer Lizenzen ist höchst efektiv. Der Staat hat es in der Hand, über die Mengensteuerung der Ausgabe, des Verkaufs oder der Versteigerung und des Einzugs von Berechtigungsscheinen im Zeitablauf ein angestrebtes ressourcen- und klimapolitisches Ziel durchzusetzen. Ressourcennutzung setzt in jedem Einzelfall die Verfügbarkeit über ein entsprechendes Zertifikat voraus. Der Staat kann es dem Markt überlassen, über den Handel mit diesen Zertifikaten deren Preis, d. h. das Entgelt für das Recht zur Nutzung von Ressourcen und Umwelt, zu bestimmen. Ein unmittelbares Interesse an Einkünften des Staates wie bei der Steuerlösung liegt zwar zunächst nicht vor, kann allerdings durch einen Verkauf oder eine Versteigerung der Zertifikate durchaus entstehen und wird dann ähnlich gravierende Umverteilungsprobleme wie bei der Steuer und bei der Umverteilung des Steueraufkommens aufwerfen. Hohe Effektivität ist durch die Teilnahme prinzipiell sämtlicher Wirtschaftssubjekte in einer Volkswirtschaft, d. h. auch private Nutzer wie Haushalte oder Pkw-Betreiber, auch über die Einschaltung von „principal agents“ gegeben. Letztere können die notwendigen Zertifikate vorhalten, wenn sie für die Belieferung von Endverbrauchern infrage kommen wollen. Dennoch weist auch dieses Instrument – wie bereits bei der Steuer festgestellt – unter Effektivitätsgesichtspunkten Schwächen auf. Vor allem bei hohen Zertifikatspreisen tritt eine Verlagerung von Ressourceninanspruchnahme in Länder ein, die nicht vom Handel betroffen sind. Bei lediglich regionaler Verlagerung ist keine Senkung der Inanspruchnahme von Ressourcen zu verzeichnen. Es kann sogar das Gegenteil eintreten, so dass das Instrument als Stilllegungs- oder Verlagerungsprämie wirkt.

Die hieraus resultierenden Probleme können tendenziell dadurch reduziert werden, dass in ein solches Emissionshandelssystem eine große Zahl relevanter Handelspartner, möglichst viele Industrie- und Schwellenländer einbezogen werden und der Geltungsbereich sogar zunehmend erweitert wird. Umgekehrt bedeutet dies, dass ein solches System, um effektiv zu sein, eine Mindestdimension aufweisen muss, weil ansonsten der zu erwartende Zertifikatspreis relativ hoch und die Verlagerungsgefahr – wegen der vergleichsweise niedrigen Verlagerungskosten – besonders hoch zu veranschlagen ist. Ein auf den nationalen Bereich begrenztes System scheidet vor diesem Hintergrund von vorneherein aus. Selbst eine europaweite Ausdehnung ist kaum ausreichend.

Unter Effizienzgesichtspunkten zeichnet sich das System handelbarer Zertifikate zunächst durch seine unbestreitbare allokative Eleganz aus: Über den Markt wird – im Geltungsbereich des Systems – die angestrebte Minderung des Ressourceneinsatzes an die Stelle gelenkt, an der dies zu den niedrigsten Kosten möglich ist. Ein vorgegebenes Reduktionsziel wird dadurch kostenminimal erreicht. Die Erlöse für die Veräußerung von Zertifikaten verbleiben im Wirtschaftskreislauf und stehen für zusätzliche Investitionen oder Konsum zur Verfügung. Umverteilungsprobleme entstehen nicht, solange der Staat davon absieht, Zertifikate zu versteigern oder im Zuge einer Verringerung der Zertifikate diese am Markt aufzukaufen. Auf dem Markt für Emissionsrechte bildet sich ein Gleichgewichtspreis, der sich exakt auf dem Niveau einpendelt, bei dem jede zusätzliche Nachfrage nach Emissionsrechten höhere Kosten verursacht als die Verringerung z. B. der Emissionen. Da mit steigenden Weltmarktpreisen für Energie das Ausmaß an wirtschaftlichen Vermeidungsstrategien steigt, können die Zertifikatpreise sogar eine Art Pufferfunktion übernehmen, ein eindeutiger Vorteil gegenüber Steuer- und Abgabenlösungen.

Die Effizienz des Emissionshandels ist jedoch an eine Reihe entscheidender Bedingungen geknüpft, selbst wenn man einmal von den spezifischen Problemen des Emissionshandels gemäß dem Kioto-Protokoll absieht (Einführung erst ab 2008, Beschränkung auf die Annex B – Staaten – im wesentlichen die Industrieländer, Zentral- und Osteuropa sowie die frühere UdSSR –, Partner sind in erster Linie Staaten, Beschränkung des Handels auf die Differenz zwischen den zugeteilten Mengen und der zu erbringenden Minderungsverpflichtung). Hierzu zählt zum einen die Ausdehnung des Zertifikathandelsraumes sowie der einbezogenen Beteiligten, da hierdurch in entscheidendem Maße die Liquidität des Marktes und damit das zu erwartende Preisniveau für Zertifikate bestimmt werden. Zum anderen zählt aber auch die Frage der Erstausgabe der Emissionsrechte, deren Basierung und Gültigkeitsdauer, die Größenordnung und die Verfahren für die jeweils ins Auge gefasste Absenkung. Dabei würde eine Versteigerung von Emissionsrechten gegenüber dem Grandfathering (Ausgabe von Erstlizenzen nach Maßgabe des Verbrauchs- oder Emissionsniveaus einer Referenzperiode) die – langfristig – besten Allokationswirkungen erzielen, aber Probleme der Umverteilung des Aufkommens aufwerfen. Andererseits werden Probleme der vorzeitigen Realisierung von Maßnahmen, der Bedienung von Newcomern oder eines wachstumsbedingten Mehrbedarfs vermieden. Völlig ungeklärt sind die Transaktionskosten, die für die Einrichtung und die Abwicklung eines solchen Emissionshandelssystems anzusetzen sind. Hierzu zählen nicht nur die Kosten für die laufende Kontrolle und Überwachung der einzelnen Zertifikateinhaber, sondern auch die Kosten für das noch zu entwickelnde Handelssystems, wie z. B. Bürokratiekosten. Eine völlig andere Frage ist jedoch, ob ein Vorteil eines zumindest europaweit etablierten Emissionshandelssystems nicht auch darin liegen kann, dass der Staat sich – wie im Kioto-Protokoll als Regelfall vorgesehen – an einem internationalen Emissionshandel beteiligt, ohne auch im Inland ein solches System bereits kurzfristig verpflichtend einzuführen. Hierdurch besteht gegebenenfalls die Möglichkeit, vergleichsweise günstig Zertifikate auf dem internationalen Markt von Ländern erwerben zu können, die diesen im Rahmen des Kioto-Abkommens zugestanden wurden. Mit diesen Zertifikaten kann die Bundesrepublik Deutschland die eingegangen Minderungspflichten erfüllen. Sofern die hierfür erforderlichen Mittel nicht über das allgemeine Steueraufkommen finanziert werden, kann der Staat die erworbenen Zertifikate an Interessierte – zu Minderungen Verpflichtete – auf dem Heimatmarkt veräußern oder für diese als Kommissionär auf dem Zertifikatemarkt tätig werden. So werden die Kosten der Zielerreichung insgesamt reduziert. Ein solches Konzept trägt allerdings nur solange, wie die vom Kioto-Protokoll begünstigten Staaten Zentral- und Osteuropas sowie der GUS Zertifikate zu attraktiven Bedingungen anbieten und sie nicht selbst für den eigenen Wachstumsprozess benötigen.

Mit der konkreten Ausgestaltung wird auch über Art und Ausmaß von Trade Offs entschieden, die mit einem System handelbarer Zertifikate verbunden sein können. Schon durch die Erstausgabe wird bestimmt, wer zu welchen Bedingungen in den Genuss wie vieler Rechte kommt. Hierdurch kann es zu entscheidenden Verwerfungen im internationalen Wettbewerb kommen. Bei dem Grandfathering werden die Zertifikate unentgeltlich – orientiert z. B. am bisherigen Verbrauchs- oder Emissionsniveau in einer Referenzperiode – ausgegeben. In diesem Falle wird ein hoher Problembeitrag zumindest in der ersten Phase noch belohnt. Es bleiben die vor der Referenzperiode realisierten Vorleistungen außen vor, genauso wie das unterschiedliche Maß an noch offen stehenden attraktiven Minderungsmöglichkeiten. Dies hat etwa bei Einführung eines europäischen Systems wegen der beträchtlichen zwischenstaatlichen Differenzen erhebliche Bedeutung. Der Inhaber kann zwar die Zertifikate veräußern und ein funktionsloses Einkommen erzielen, das zu Produktionsverlagerungen führen kann. Jeder Mehrbedarf an Zertifikaten – etwa wegen einer Produktionsausweitung – führt jedoch auch zu – verursachungsgerechten – Kostensteigerungen (oder Erlösverzicht), genauso wie die Beibehaltung der Produktion bei Einzug der Zertifikate durch den Staat, wobei deren Höhe jedoch unter anderem von der räumlichen Ausdehnung des Zertifkathandels und den zugelassenen alternativen Optionen abhängt. Vor dasselbe Problem sehen sich auch Newcomer gestellt, die bei Markteintritt mit den Kosten des Zertifikaterwerbs konfrontiert und hierdurch gegenüber den bereits etablierten Wettbewerbern diskriminiert werden, wenn nicht der Staat Zertifikate aufkauft und sie an diese Gruppe von Unternehmen weitergibt. Werden die Zertifikate versteigert, führt dies unmittelbar zu zusätzlichen Kosten für diejenigen, die für die Fortsetzung der Produktion oder des Konsums Zertifikate vorweisen müssen. Dies gilt jedoch nicht, wenn die hierdurch staatlicherseits erzielten Mittel wieder vollständig umverteilt werden und zufälligerweise wieder den vorab Belasteten zugute kommen. Dies ist aber angesichts der großen Unterschiede im Hinblick auf Energieintensität, Energieträgereinsatz, getätigte Vorleistungen, noch offener technischer Möglichkeiten der Verfahrensumstellung und der hierbei zu erwartenden Wirtschaftlichkeitsrelationen zwischen einzelnen Branchen und Unternehmen, vor allem aber im internationalen Vergleich wegen der unterschiedlichen Ausgangsbasis, eher unwahrscheinlich. Diskriminierungen und Wettbewerbsverzerrungen sind daher vorprogrammiert. Abgesehen von diesen Fragen verbleibt natürlich das Problem, dass energieintensive Branchen wie Chemie, Nichteisenmetall, Stahl, Steine und Erden sowie Produktionsprozesse wie die Stromerzeugung zwar verursachungsgerecht, aber in besonderem Maße von einem System handelbarer Zertifikate wie von anderen global wirkenden Maßnahmen betroffen wären. Dies gilt vor allem, wenn die Möglichkeiten effizienten Ressourceneinsatzes bereits in hohem Maße ausgeschöpft wurden. Betroffen wären aber auch insbesondere die Festbrennstoffe. Daher müsste ein solches Ergebnis vor dem Hintergrund der mit dem Drei-Säulen-Konzept gleichrangig verfolgten Ziele abschließend noch einmal mit Blick auf die gesamten Wirkungen hinterfragt werden. Hieran ändert auch die Erwartung nichts, dass bei einem zumindest europaweit ausgelegten Zertifikatehandel deutsche Unternehmen voraussichtlich zunächst einmal Lizenzen vergleichsweise günstig erwerben könnten. Offen ist allerdings, welcher Preis sich hierfür einspielt und wie sich dieser entwickelt, wenn auch die übrigen Mitglied-

staaten der EU bei wachsendem Bedarf und gleichzeitiger Verknappung entsprechend zunehmend als Käufer auftreten, ihre Lizenzen horten und/oder ihr eigenes Angebot verringern. Offene Fragen wirft ein Zertifikathandelssystem aber auch im Hinblick auf die Trade Offs auf, die von einer im Zeitablauf zu unterstellenden Verringerung der Zertifikate etwa durch staatliche Abwertung oder durch Aufkauf und anschließende Entwertung ausgehen. Während in dem einen Fall Zukauf oder Verfahrenswechsel als Alternativen in Betracht kommen, stehen im anderen Verkauf bei Verfahrenswechsel oder Stillegung bzw. Verlagerung zur Disposition. Es liegt auf der Hand, dass sich auch in dieser Hinsicht bei einem europaweit angelegten Emission-Trading-System wegen der völlig unterschiedlichen Bedingungen und möglicherweise Ausgestaltungen entsprechende Probleme für die deutsche Wirtschaft ergeben werden. Diese können sich in einer gravierenden Verschlechterung der Standortqualität, der Wettbewerbsfähigkeit und hieraus abgeleitet der Investitionsbereitschaft und Beschäftigung niederschlagen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass das Emission Trading zweifellos eines der global wirkenden Instrumente darstellt, das sowohl unter dem Gesichtpunkt der Effektivität als auch der Effizienz entscheidende Vorteile gegenüber dem Ordnungsrecht aufweist. Vorteile lassen sich auch gegenüber dem steuerlichen Instrumentarium aufführen. Dies gilt insbesondere für eine Beschränkung auf den nationalen Bereich, wobei ein Zertifikathandel ohnehin nur im größeren räumlichen Kontext infrage kommt. Beim Emission Trading handelt es sich jedoch um ein außerordentlich rigide wirkendes Instrument, das lediglich durch die Handelbarkeit der Zertifikate flexibilisiert wird. Einmal eingeführt, verbleiben voraussichtlich – etwa im Vergleich zum steuerlichen Instrumentarium – nur geringe Spielräume zur Berücksichtigung branchenspezifischer Gegebenheiten oder Rücksichtnahmen auf unerwünschte Nebeneffekte. Auch unter Berücksichtigung der für ein sinnvoll dimensioniertes ET-System erforderlichen Ausgestaltung dürfte die Flexibilität dieses Instruments sehr begrenzt sein und darin bestehen, die Verknappung der Zertifikate insgesamt im Zeitablauf zu steuern. Ob die einmal geschaffene komplexe Administration und die Einbettung in internationale Vereinbarungen Möglichkeiten der Reversibilität belässt, scheint ebenfalls fraglich. Gleichzeitig können die für erforderlich gehaltenen Anpassungsschritte zur gewünschten Verschärfung relativ leicht auf dem Verordnungswege realisiert werden, nachdem das Instrument eingeführt ist. Da der politische Raum immer nur für eine Legislaturperiode festzulegen ist, verbleiben, was die Überschaubarkeit, die Vorhersehbarkeit und damit auch die Verlässlichkeit angeht, erhebliche Bedenken, was aber für andere Instrumente in ähnlicher Form gilt. Hieraus ergeben sich grundsätzliche Probleme für sämtliche Investitionsentscheidungen mit langfristiger Kapitalbindung. Abwartendes Verhalten im Hinblick auf Investitionen steht zu befürchten. Es zeigt sich jedoch, dass die Beurteilung dieses Instrumentes in entscheidendem Maße von Fragen der Ausgestaltung (Erstausgabe, Berücksichtigung von Vorleistungen, Rückvergütung bei Versteigerung) wie auch von den zur Verfügung stehenden Optionen abhängt. Die betreffende Diskussion ist zwar eingeleitet, aber keinesfalls abgeschlossen.

Der von der EU unterbreitete Vorschlag einer auf wenige energieintensive Branchen und den Bereich der Stromerzeugung beschränkten Versuchsphase stößt aus deutscher Sicht auf erhebliche Bedenken. Es besteht die große Gefahr, dass durch einen negativen Ausgang dieses Experiments eines der wenigen wirklich als belastbar anzusehenden Instrumente globalen Ressourcen- und Klimaschutzes verunglimpft wird und sein Einsatz in der Nach-Kioto-Ära damit gefährdet wird. Die Attraktivität des marktkonformen Instrumentes Emissionshandel steht auf der einen Seite. Die Notwendigkeit zur vertieften Analyse der noch offenen Ausgestaltungsfragen auf der anderen Seite. Zur Ausschöpfung des erfolgreich eingeführten Systems der Selbstverpflichtung müssen Strategien entwickelt werden, die Ende dieses Jahrzehnts eine Entscheidung möglich machen und bis dahin die notwendigen Voraussetzungen für die Etablierung eines solchen Systems auf internationaler Ebene schaffen. Hierbei muss vor allem geklärt werden, ob sich dieses System nicht auch mit den nicht selbstständig, sondern nur additiv einsetzbaren objektbezogenen Instrumenten des Clean Development Mechanism bzw. des Joint Implementation, mit einer gegebenenfalls fortzuentwickelnden Selbstverpflichtung und eventuell auch mit ausgewählten sektorspezifischen Maßnahmen kombinieren lässt.

6.4.5 Selbstverpflichtung

Einer der entscheidenden Nachteile, die ein System handelbarer Zertifikate hat, besteht darin, dass der Fortbestand der freiwilligen Selbstverpflichtungen (SV) in hohem Maße gefährdet ist . Dieses Argument verliert in dem Maße an Bedeutung, als nachgewiesen werden kann, dass das Emission Trading zumindest gleichwertige Ergebnisse erbringen wird. Die Selbstverpflichtung stellt zwar kein originäres energie- und umweltpolitisches Instrument sondern ein subsidiäres dar. Der Staat ist bereit, bei belastbarer und überprüfbarer Abgabe entsprechender Selbstverpflichtungen auf wirksame Maßnahmen etwa ordnungsrechtlicher oder steuerlicher Art zu verzichten. Dabei wird mit diesem Instrument selbst vom Versuch einer exakten Internalisierung externer Effekte Abstand genommen. Der Staat wird aber nur dann das Instrument der Selbstverpflichtung akzeptieren, wenn er sich hiervon vergleichbare Zielerreichungsgrade, eine entsprechende Effektivität – bei geringeren Durchsetzungskosten – versprechen kann. Der Verzicht des Staates auf Ergreifen hart empfundener Maßnahmen wird von den sich freiwillig Verpflichtenden offenbar derart hoch eingeschätzt, dass sie bereits bei hinreichend begründeter Befürchtung zu entsprechender Aktion bereit sind. Dies liegt daran, dass insbesondere die Teilnehmer mit vergleichsweise ungünstigen Voraussetzungen darauf setzen, von der Solidargemeinschaft der Branche profitieren zu können, die diese Verpflichtung abgibt. Gerade diese aber wäre durch die Einführung eines Emissionshandelssystems unter Teilnahme des Unternehmensbereichs als in hohem Maße gefährdet anzusehen, da diejenigen mit vergleichsweise günstigen Bedingungen schon aktienrechtlich verpflichtet

wären, ihre „freien“ Zertifikate zu veräußern und nicht in die Solidargemeinschaft unentgeltlich einzubringen.

Inzwischen liegen bereits Erfahrungen mit einer Vielzahl derartiger Selbstverpflichtungen vor. Einen großen Bekanntheitsgrad hat die anlässlich der ersten Vertragsstaatenkonferenz zur Klimarahmenkonvention in Berlin im Jahr 1995 von der deutschen Wirtschaft abgegebene und inzwischen mehrmals unter Erhöhung der Anforderungen weiterentwickelte Erklärung. Auf freiwilliger Basis sollen besondere Anstrengungen unternommen werden, die spezifischen CO_2-Emissionen bzw. den spezifischen Energieverbrauch zu verringern. Seit dem 9. November 2000 liegt eine nochmals anspruchsvollere Klimavereinbarung zwischen der Bundesregierung und der Deutschen Wirtschaft vor. In ihr verpflichten sich die beteiligten Verbände, bis zum Jahr 2005 ihre spezifischen CO_2-Emissionen um 28 % und bis zum Jahr 2012 die spezifischen Emissionen von sechs Klimagasen um 35 % zu verringern. Mit dieser anspruchsvollen Zielvorgabe verbindet sich die Hoffnung, den absoluten CO_2-Ausstoß gegenüber der ursprünglichen Erklärung bis zum Jahr 2005 um weitere 10 Mill. t, bis 2012 unter Einbeziehung aller Kioto-Gase sogar um nochmals 10 Mill. t CO_2-Äquivalente reduzieren zu können. Der Stand der Minderungserfolge für die Klimaschutzerklärung wird in jährlichen Abständen durch einen Monitoring-Bericht überprüft. Mit diesen Berichten wird die Transparenz der Verpflichtungserklärungen erhöht. Dauerhafte Zielabweichungen werden in den Berichten dokumentiert und bieten für alle Beteiligten – Verbände wie politische Entscheidungsträger – eine anerkannte Grundlage für eine Überprüfung der gesetzten Minderungsziele. Freiwillige Selbstverpflichtungen weisen in ihrer konkreten Umsetzung durchaus parallele Züge zu den sog. marktwirtschaftlichen Instrumenten auf. Denn hierbei werden die Suchprozesse des Marktes explizit in den Dienst der Zielerreichung gestellt. Damit ist einerseits sichergestellt, dass allein das Eigeninteresse der sich Verpflichtenden zu einzelwirtschaftlich betrachtet effizienten Ergebnissen führt. Andererseits ist gesamtwirtschaftlich gesehen dieser Ansatz dem Emission Trading unter Effizienzgesichtspunkten unterlegen, da ausschließlich branchenbezogene Potenziale für eine Problemlösung herangezogen werden.

Selbstverpflichtungen weisen aber aus Sicht der sich Verpflichtenden einen anderen Vorteil auf: Bei Steuern und handelbaren Zertifikaten ist es immer der Staat, der einseitig ein konkretes ressourcen- oder klimapolitisches Ziel festlegt. Dem Markt wird lediglich überlassen, dieses zu realisieren. Selbstverpflichtungen dagegen stellen das Ergebnis eines mehr oder weniger offen ausgetragenen Diskurses zwischen sich Verpflichtenden und Staat dar. Es handelt sich um ein dem Umfang, dem zeitlichen Verlauf sowie der konkreten Ausgestaltung nach offenes Verhandlungsergebnis. Als weitere unbestreitbare Vorteile der Selbstverpflichtung gelten, dass die mit diesem Konzept verbundenen Transaktionskosten entschieden niedriger sind als bei Ordnungsrecht, Steuern und Zertifikatslösungen, dass ihre Flexibilität und Möglichkeit, dynamisch an veränderte Umfeldbedingungen angepasst zu werden, entschieden größer sind und dass sie besser durchsetzbar, vorhersehbarer und verlässlicher ist.

Bis heute sind Selbstverpflichtungen mit der Industrie bzw. mit deren Verbänden abgeschlossen worden. Eine belastbare Nachhaltigkeitskonzeption umfasst jedoch auch die übrigen Sektoren der Volkswirtschaft. Deshalb stellt sich die Frage nach der umfassenden Anwendbarkeit der Selbstverpflichtungen.

6.4.6 Einbeziehung sonstiger flexibler Instrumente

Dies gilt nicht zuletzt auch für die Einbeziehung der sonstigen flexiblen Instrumente des Kioto-Protokolls: Clean Development Mechanism (CDM) und Joint Implementation (JI), d. h. objektbezogene Maßnahmen an Anlagen in anderen Ländern (Schwellen- und Entwicklungsländer – CDM, andere Staaten – JI), für die ressourcen- und/oder klimaschutzpolitische Erfolge unter bestimmten Bedingungen und in bestimmtem Ausmaß auf heimische Minderungsverpflichtungen in Form von Credits angerechnet werden können. Der entscheidende Vorteil dieser Maßnahmen besteht darin, dass in vollem Maße die Suchprozesse des weltweit operierenden Marktes zum Zuge kommen. Darüber hinaus ist wahrscheinlich, dass die so global erzielbaren Vorteile zu den niedrigsten Kosten realisiert werden können. Dies gilt insbesondere für CDM angesichts der in den Schwellen- und Entwicklungsländern teilweise außerordentlich niedrigen Effizienz. In dieser Hinsicht dürfte sich ein Modell, dass CDM und JI in die Betrachtung einbezieht, auch jedem realistischerweise auf absehbare Zeit zu erwartenden System handelbarer Zertifikate gegenüber wirtschaftlich überlegen sein, weil die Einbeziehung der weltweit gebotenen Möglichkeiten die niedrigeren Kosten erwarten lässt. Daher wird durch eine Verknüpfung der Selbstverpflichtung mit handelbaren Credits aus objektbezogenen Maßnahmen auch ein entscheidender Effizienznachteil des bislang konzipierten Selbstverpflichtungsmodells gegenüber dem Emission Trading kompensiert. Dies resultiert aus der Tatsache, dass bei diesem System der gewünschte Effekt nicht automatisch durch die im Bezugsraum jeweils kostengünstigsten Alternativen generiert wird. Es muss befürchtet werden, dass ein am Ende nur auf die Industrie in Europa beschränktes Emission Trading eine vergleichsweise geringe Liquidität und damit relativ hohe Zertifikatspreise aufweisen wird, insbesondere wenn von vorneherein bestimmte als besonders günstig einzustufende Optionen ausgeschlossen werden. Ein positiver Nebeneffekt von CDM und JI besteht weiterhin darin, dass auf diese Weise ein für den Entwicklungsprozess der Schwellen- und Entwicklungsländer sowie für die Staaten des ehemaligen Ostblocks unverzichtbarer Transfer von Kapital und Know How nahezu von allein erfolgt. Junge Industrien dieser Länder werden sukzessive in die Errichtung und Wartung der Anlagen eingebunden. Die übrigen Umweltbelastungen werden ebenfalls sinken, und die Zahlungsbilanzen dieser Länder werden entlastet.

Für die Verknüpfung dieser Elemente ist es erforderlich, folgende Voraussetzungen zu schaffen: Geeignete Mechanismen zur Sicherstellung einer Anrechenbarkeit bzw. zur Verknüpfung der einzelnen Elemente müssen entwickelt werden. Im Fall von CDM bzw. JI ist dies ver-

gleichsweise einfach: Sowohl die nach vereinbarten Kriterien erworbenen und international kreditierten Gutschriften als auch die im Rahmen nationaler Selbstverpflichtungen anrechenbare Klimaschutzanstrengungen müssen akzeptiert werden. Dies setzt die Lösung derzeit noch offener Fragen im Detail voraus (Ausmaß, Referenz, Anwendungsbereiche, institutionelle Absicherung). Gemessen am bisherigen Verhandlungsfortschritt auf der internationalen Ebene ist hier zweifellos Realismus, nicht jedoch Pessimismus angesagt bezüglich der Erwartung schneller Erfolge. Seitens der Bundesrepublik sollten jedenfalls diesbezügliche Anstrengungen wesentlich intensiver als bislang betrieben werden.

Eine Verknüpfung mit dem Emission Trading (ET) ist eindeutig schwieriger. Es sieht auf den ersten Blick so aus, als ob ET und Selbstverpflichtung grundsätzlich einander ausschließen, weil das ET eine verbindliche Festlegung von Caps für einzelne Verursacher, des Zuteilungsmechanismus und des Reduktionspfades vorsieht und damit kein Raum für freiwillige Zusagen einer Solidargemeinschaft und deren Einhaltung durch die Mitglieder verbleibt.

Bei einer näheren Prüfung zeigt sich jedoch, dass differenziert werden muss. Völlig unproblematisch ist eine Verknüpfung von Selbstverpflichtung und ET auf internationaler Ebene, solange beide Ansätze als gleichwertige Optionen gelten und wahlweise von den Mitgliedstaaten der EU genutzt werden können. Dies hat den Vorteil, dass damit die Möglichkeit besteht, diese Optionen im Wettbewerb zu testen und nach ausreichender Erfahrung auch zu wechseln.

Grundsätzlich spricht wenig dagegen, ein Modell in die Betrachtung einzubeziehen, bei dem– wie zunächst auch im Kioto-Protokoll vorgesehen – Staaten als Teilnehmer am internationalen Emissionshandel teilnehmen und damit die Möglichkeit erwerben, ihre international eingegangenen Reduktionspflichten – teilweise auch – durch Zukauf von Zertifikaten in anderen (Annex B-) Ländern zu erfüllen. Dies eröffnet nicht nur die Möglichkeit einer Teilnahme am Lizenzhandel innerhalb sondern auch außerhalb der EU. Der Staat kann so seine international eingegangenen Reduktionsverpflichtungen erfüllen. Offen ist nur die Finanzierung.

Es bieten sich folgende Optionen an: Zum einen die Haushaltslösung, die nur realistisch erscheint bei Sicherung entsprechender Mittelaufkommen. Zum andern über Steuern, die von denen erhoben werden müssen, die keine vergleichbar belastbaren Alternativen aufweisen. Der Staat kann aber auch als Käufer auf dem internationalen Zertifikatemarkt auftreten und so viele Lizenzen erwerben, wie bei ihm auf dem nationalen Markt von zur Reduktion Verpflichteten oder deren „Principal agents“ nachgefragt werden. Letztere würden ihr Verhalten an ihren eigenen Grenzvermeidungskosten orientieren, die sie aus den so vermeidbaren Kosten, die durch staatliche Maßnahmen entstehen würden, ableiten können.

Unproblematisch – aber möglicherweise unrealistisch – scheint es, im Rahmen eines „Parallelwegs“ eine passive Rolle gegenüber einem ET-System zu akzeptieren. In diesem Fall würden Reduktionspflichtige zwar als Käufer von Zertifikaten in anderen Ländern auftreten, was im Rahmen einer nationalen Selbstverpflichtung anzurechnen wäre, aber nicht den Vorgaben eines ET-Modells zu entsprechen hätte. Ob dies eine realistische Alternative darstellt, ist noch zu prüfen. Fraglich ist auch, ob es möglich ist, auch innerhalb eines Staates konkurrierende Systeme zu installieren, und zwar z. B. dergestalt, dass es den zur Reduktion Verpflichteten als Branche freigestellt würde, für die Teilnahme an einer SV oder an einem ET zu optieren. Das ET verlangt in jedem Falle Caps und einen Reduktionspfad, der nicht notwendigerweise mit der Ausgestaltung einer SV identisch wäre.

Völlig inkompatibel mit der SV jedoch ist ein ET-System, wie es im Herbst 2001 von der EU-Kommission vorgeschlagen worden ist.

Voraussetzung dafür, dass die SV mit anderen Kioto-Instrumenten verknüpft werden kann, ist die Fortsetzung des derzeitigen Selbstverpflichtungsmodells, um die Schwächen des bislang praktizierten Systems zu überwinden. Dies bedeutet im Einzelnen:

– Verlängerung des Gültigkeitszeitraums über 2012 hinaus,
– Aufstockung des Reduktionsrahmens nach Maßgabe politischer Vorgaben,
– Vereinbarung absoluter Reduktionsziele,
– Ausweitung prinzipiell auf alle Emittenten bzw. die sie vertretenden Branchen, Eröffnung der Möglichkeit zur Beteiligung von „principal agents“,
– Möglichkeit zur freiwilligen verbindlichen Teilnahme oder zum Verzicht auf eine Teilnahme unter Inkaufnahme der Konsequenzen der hiermit automatisch zum Zuge kommenden Alternativen,
– Entwicklung geeigneter Kontroll- und Sanktionsmechanismen.

Ähnliche Überlegungen gelten auch für die Verknüpfung steuerlicher Instrumente mit einer fortzuentwickelnden Selbstverpflichtung. Beide Ansätze können durchaus nebeneinander existieren. Dies hat den Vorteil, dass neue Ansätze keine Aufgabe der bisher eingesetzten Instrumente erforderlich machen.

Ein derart fortzuentwickelndes Selbstverpflichtungsmodell mit Öffnung für die Nutzung der flexiblen Kioto-Mechanismen und einer Kombination mit anderen Ansätzen bietet nicht nur den Vorteil der größeren Flexibilität gegenüber isoliert verfolgten Ansätzen, sondern auch die Chance, die Kosten vorgegebener Politikziele zu minimieren.

Ein fortentwickeltes Selbstverpflichtungsmodell muss sich darüber hinaus dem Wettbewerb mit entsprechend optimierten anderen global wirkenden Instrumenten stellen, d. h. dem steuerlichen Instrumentarium und vor allem dem Emission Trading. Sofern insbesondere letzteres entsprechend ausgestaltet und gleichzeitig der Einsatz eines breiten Spektrums von Optionen technischer und/oder verfahrensmäßiger Art, aber auch die Anrechenbarkeit

nachweislicher Erfolge anlagenbezogener Maßnahmen in anderen Ländern sichergestellt sein wird, müssen die dem Selbstverpflichtungsmodell zugeschriebenen Vorteile stark relativiert werden. Die Vorteile gemeinsamer Lösungen in Europa oder sogar über Europa hinaus werden immer stärker in den Vordergrund rücken.

6.5 Beseitigung von Hemmnissen und Restriktionen

Auch nach der Internalisierung externer Effekte kann der Marktmechanismus die in ihn gesetzten Erwartungen nur erfüllen, wenn eine Reihe weiterer Bedingungen erfüllt sind. Hierzu zählen:

– Alle Marktparteien müssen über ausreichende Transparenz verfügen. Sie müssen die notwendigen Informationen besitzen, um die „richtigen" Entscheidungen treffen zu können. Hierzu zählen nicht nur entsprechende Kenntnisse über die verfügbaren Optionen mit ihren technischen Spezifikationen sondern auch ihre Kosten, und zwar über die gesamte Betriebszeit.

– Gleichzeitig muss sichergestellt sein, dass Optionen auch umgesetzt werden können. Dies hängt vom Ausbildungsstand potenzieller Anwender und vor allem vom Zugang zum Kapitalmarkt ab.

– Es darf keine Präferenz sachlicher, zeitlicher oder persönlicher Natur oder ideologische Vorbehalte geben. Die individuelle Einschätzung von Risiken und Chancen muss mit der gesellschaftlichen übereinstimmen.

– Marktstruktur und Marktverhalten müssen den Anforderungen eines funktionsfähigen Wettbewerbs entsprechen. Es dürfen weder die Angebots- noch die Nachfrageseite so hoch konzentriert sein, dass hiervon eine Beeinträchtigung des Wettbewerbs ausgeht. Dasselbe gilt für Marktzutritts- und -austrittsbarrieren im Hinblick auf bestimmte Technologien, Konzepte oder Marktakteure.

– Außerdem müssen sich die Marktakteure wettbewerbsgerecht verhalten, d. h. keine Absprachen treffen oder gemeinsame strategische Verhaltensweisen an den Tag legen.

– Nicht zuletzt muss auch der durch den Staat gesetzte institutionelle Rahmen Marktprozesse unterstützen. In anderer Beziehung anzustrebende Ziele müssen harmonisiert werden. Konzepte, z. B. Mieterschutz, Denkmalschutz, Bebauungsordnungen müssen abgestimmt werden.

In der Realität werden diese Bedingungen vollkommener Märkte in vielfältiger Weise beeinträchtigt. Daher kann der Markt auch nur die in ihn gesetzten Erwartungen erfüllen, wenn diese Hemmnisse beseitigt werden.

Besondere Probleme entstehen, wenn die Auffassungen über die tatsächliche Knappheit in Anspruch genommener Ressourcen und damit die „Richtigkeit" der sich zu einem bestimmten Zeitpunkt auf Märkten herausbildenden Preis-, Angebots- und Verbrauchsrelationen zwischen staatlichen Instanzen und Privaten unterschiedlich sind. Dies betrifft auch die Einschätzung unterschiedlicher Kalkulationszeiträume, der Liquiditätspräferenzen oder unterschiedliche Erwartungshaltungen oder Risikoeinstellungen zwischen privaten und staatlichen Akteuren. Staatliches Handeln muss offen gelegt, marktkonformen Maßnahmen Priorität eingeräumt, die mit entsprechenden Eingriffen einhergehenden Konsequenzen aufgezeigt und die notwendigen Bewertungsprozesse in öffentlichem Diskurs vorgenommen werden. Gleichzeitig müssen verfügbare Optionen für eine Ausweitung der Ressourcenbasis durch staatliche Förderung von Forschung und Entwicklung erweitert werden.

Auch für die Beseitigung der diversen Hemmnisse oder ihrer Korrektur kommen die unterschiedlichsten Herangehensweisen und Instrumente infrage.

Hemmnisse haben ihre Ursache in der historisch gewachsenen Konstellation eines jeden Landes. Eine am Konzept der Nachhaltigkeit orientierte Politik, die die Ursachen einer Fehlsteuerung des Marktes korrigieren und nicht nur an den Symptomen kurieren will, muss daher zur Erreichung der Nachhaltigkeitsziele das gesamte vorhandene System an staatlichen Maßnahmen, aber auch die Marktverfassung sowie die Marktstruktur und die Marktzugangsbedingungen für die diversen Marktakteure einer kritischen Analyse unterziehen. Dabei können in der Vergangenheit andere Konstellationen, andere Bewertungskriterien und auch eine andere Bewusstseinslage der Marktteilnehmer wie der Politik vorgelegen haben. Demgemäss wäre die Entwicklung bereits anders ausgefallen, wenn die heutigen Bedingungen vorgelegen hätten. Bei einer kritischen Überprüfung des bestehenden Systems werden sich Konfliktsituationen nicht vermeiden lassen. Dies gilt insbesondere im Hinblick auf eine Kollision von Nachhaltigkeitszielen mit anderen wirtschafts- und gesellschaftspolitischen Zielen, wie Wachstum, Wettbewerbsfähigkeit, Sicherheit der Versorgung, Beschäftigung, sozialer Ausgleich oder wünschenswerter Regionalentwicklung. Hinzu kommt, dass sich unter Wahrung vorliegender siedlungsstruktureller, regionaler oder struktureller Gegebenheiten Restriktionen für die Verfolgung von Nachhaltigkeitszielen ergeben, die nur langfristig geändert werden können. Erst nach vorurteilsfreier Durchforstung des derzeit vorliegenden Systems können zusätzliche Maßnahmen ins Auge gefasst werden. Der Markt muss in die Lage versetzt werden, nach Überwindung von Hemmnissen und nach der Internalisierung externer Effekte seine Funktion in der erwarteten Weise erfüllen zu können. Hierfür kommen global wirkende Instrumente nicht in Frage, weil diese für den Zweck der Hemmnisbeseitigung nicht zielgenau eingesetzt werden können. Geeignet sind hierfür sektorspezifische Maßnahmen, die unmittelbar an der jeweiligen Problemlage ansetzen. Dabei ist marktkonformen Maßnahmen eingebettet in international abgestimmte Vorgehensweisen der Vorzug zu gegeben, um ein möglichst hohes Maß an Effizienz bei möglichst geringen Reibungsverlusten sicherzustellen.

Es ist kaum möglich, einen kompletten Überblick über Ansätze zur Durchforstung und zur Weiterentwicklung sowie zur Ergänzung des bestehenden Systems zu vermitteln. Das folgende Spektrum von Maßnahmen mag die Größenordnung der diesbezüglichen Aufgabe markieren:

– Abbau von Erhaltungssubventionen, Preisverfälschungen und diskriminierenden Besteuerungsregimen;
– Auflösung institutioneller Hemmnisse (z. B. Mieter-Vermieter-Dilemma);
– Eliminierung von Informationsdefiziten, Schaffung von mehr Transparenz;
– Einleitung und Sicherung von F + E-Strategien zur Entwicklung zukunftsträchtiger Problemlösungen;
– Schulung und Ausbildung;
– Erleichterung des Know-how- sowie des Kapitaltransfers vor allem in die Schwellen- und Entwicklungsländer durch Gewährung von Patenten, Bürgschaften, Zinserleichterungen, Krediten und Beihilfen sowie geeigneter institutioneller Voraussetzungen;
– Schaffung eines level playing field für sämtliche angebots- wie nachfrageseitig verfügbare Optionen (Information und Beratung, Abbau – zumindest aber Verhinderung einer Zunahme – von Machtkonzentration und deren missbräuchlicher Ausnutzung, Beseitigung von Marktzutrittsbarrieren, Gewährung von befristeten und degressiven Starthilfen für neue Technologien);
– Unterstützung der Entwicklung neuer Märkte für Energiedienstleistungen durch organisatorische Vorkehrungen und/oder Gewährung von Starthilfen;
– Lösung von Akzeptanzproblemen.

An diesen Beispielen wird deutlich, dass grundsätzlich ein breites Spektrum maßgeschneiderter Instrumente wie Subventionen, Steuererleicherungen, Bürgschaften und Garantien, spezielle Steuern und Abgaben ebenso wie ordnungsrechtliche Eingriffe in Form von speziellen Standards, Grenzwerten, Quoten oder Mindestpreisvorgaben, aber auch Informationsverpflichtungen oder „moral suasion“ in Frage kommen. Klar ist aber auch, welche Eingriffe zur die Erreichung der Nachhaltigkeitsziele grundsätzlich negative Auswirkungen haben. Dies gilt insbesondere für Ansätze,

– deren Zielbeitrag unbedeutend ist,
– bei denen bereits heute Dauersubventionen absehbar sind,
– für die die Belastungen und Risiken in keinem Verhältnis zu den realistischerweise zu erwartenden Vorteilen und Chancen stehen,
– bei denen gravierende Diskriminierungen nicht ausgeschlossen werden können,
– unverhältnismässig hohe Trade Offs befürchtet werden müssen,
– belastbare Optionen ausgeschlossen oder verbaut werden,
– nationale Alleingänge ohne Berücksichtigung der internationalen Implikationen erfolgen,
– die Planungssicherheit nicht erhöht sondern sogar reduziert wird.

6.6 Fazit und Schlussfolgerungen

Die vor uns liegende Aufgabe besteht darin, unter den grundsätzlich verfügbaren strategischen Optionen die auszuwählen, die unter Zugrundelegung der oben aufgeführten Kriterien auf absehbare Zeit die bestmöglichen Resultate im Hinblick auf Effektivität, Effizienz und Trade Offs erwarten lässt. Die gewonnenen Ergebnisse müssen in den anstehenden internationalen Diskussionsprozess eingebracht werden. Angesichts der verbleibenden Ungewissheiten kann eine rationale Strategie nachhaltiger Energieversorgung nur schrittweise und auf mittlere Sicht angelegt werden. Dies ist begründet durch den Charakter und die Dringlichkeit der im Rahmen eines Konzeptes nachhaltiger Energieversorgung aufgeworfenen Probleme. Zukunftsfähige Konzepte müssen offen gehalten werden für ständige Veränderungen in der Einschätzung der zu bewältigenden Herausforderungen, des relevanten Umfeldes, des Wissens- und Erkenntnisfortschritts, von Präferenzen und Werthaltungen, der technologischen Entwicklung und nicht zuletzt der weltweiten politischen Zwänge, denen sich ein Land wie die Bundesrepublik Deutschland gegenüber sieht. Isolierte, nationalstaatliche Aktivitäten reichen nicht aus. Energieversorgungsprobleme sind global. Nationale Politik ist durch bindende internationale Vereinbarungen und abgestimmte Vorgehensweisen vorerst zumindest innerhalb der Industriestaaten zu ergänzen.

Ein funktionierendes marktwirtschaftliches System ist der beste Garant für die Realisierung der Ziele einer nachhaltigen Energiewirtschaft. Die beste Strategie besteht dementsprechend darin, eine funktionsfähige Wettbewerbsordnung zu etablieren, sie immer wieder zu überprüfen und fortzuentwickeln. Hierbei ist staatlicherseits ein marktwirtschaftlicher Ordnungsrahmen zu setzen und zu sichern. Externe Effekte sind zu internalisieren und bestehende Hemmnisse und Restriktionen, die dem Funktionieren eines marktwirtschaftlichen Systems entgegenstehen, zu beseitigen. Gelingt es hierbei, einen sorgfältig ausgewählten Instrumentenmix zum Einsatz zu bringen, wird sichergestellt, dass die Nachhaltigkeitsziele effektiv, wirtschaftlich effizient, d. h. mit den günstigsten Kosten-/Nutzenrelationen , mit den geringsten Durchsetzungs- und Akzeptanzproblemen sowie minimaler Kontrolle und Bürokratie realisiert werden. Gleichzeitig kann davon ausgegangen werden, dass in hohem Maß Diskriminierung ausgeschlossen, Wettbewerbs- und Standortnachteile sowie negative Beschäftigungseffekte vermieden sowie eine unvertretbare Erhöhung der Staatsquote und unakzeptable Umverteilungswirkungen verhindert werden. Dies bedeutet, dass in einem solchen Konzept einzelne Handlungsoptionen nicht auf der Strategieebene angesiedelt sind, wie z. B. die Steigerung der Energieeffizienz, die Erhöhung des Beitrags klimaneutraler und die fossilen Energieressourcen schonender Energieträger (wie Regenerative oder Kernenergie) ebenso wie bestimmte Technologien (wie die KWK oder die Brennstoffzelle) oder bestimmte Versorgungsalternativen (wie dezentrale Versorgung oder auch Energiedienstleistungskonzepte), sondern nur Mittelcharakter besitzen. Alle diese Optionen konkurrieren miteinander um die Realisierung der mit einer nachhaltigen

Energieversorgung verfolgten Ziele. Ihr jeweiliger Beitrag zur Zielerreichung ist offen zu halten und kann nicht vorab festgelegt werden. Mit dieser ergebnisoffenen Herangehensweise an die Problemlösung unterscheidet sich der hier vorgelegte Ansatz diametral von dem der Koalition, der in planwirtschaftlicher Manier den einzelnen Handlungsoptionen feste Zielbeiträge zuordnet, ohne die hieraus resultierenden Konsequenzen zu würdigen. Gemessen hieran stellt die von CDU/CSU und FDP und den von ihnen benannten Sachverständigen präferierte Strategie einen ausgesprochenen Paradigmenwechsel dar. Aufgabe einer marktwirtschaftlich orientierten Nachhaltigkeitsstrategie ist es, sämtlichen Handlungsoptionen faire Startchancen, ein level playing field zu schaffen und ihrem unverfälschten Einsatz gegebenenfalls entgegenstehende Restriktionen zu beseitigen. Dies kann durch den Einsatz der unterschiedlichsten Instrumente geschehen. Standards und Festlegung von Grenzwerten sowie von Quoten und Mindestvergütungen, Subventionen und Steuererleichterungen u.s.w. müssen als Maßnahmen zur Förderung der Entwicklung und Markteinführung von Energieträgern oder von Technologien bzw. Verfahren zur Effizienzsteigerung in Erzeugung, Transport, Umwandlung, Verteilung oder Endenergieverbrauch auf den Prüfstand. Sie sollten keinesfalls auf Dauer angelegt sein, d. h. von vorneherein zeitlich befristet und degressiv ausgestaltet werden. Alle verfügbaren Handlungsoptionen – traditionelle, wie neue, angebots- wie nachfrageseitige, im nationalen wie im internationalen Bereich ansetzende – müssen sich dem Wettbewerb stellen. Keine darf von vorneherein präferiert, diskriminiert oder aus der Betrachtung ausgeschlossen werden. Eine Politik der Sicherung einer nachhaltigen Energiewirtschaft muss sich auf der einen Seite der Offenhaltung, auf der anderen Seite aber auch der Erweiterung des Spektrums verfügbarer Optionen widmen. Forschung und Entwicklung nehmen hierbei eine zentrale Stellung ein. Staatliche Einrichtungen sollten im wesentlichen auf den Grundlagenbereich konzentriert sein. Die staatlich zu unterstützende Industrieforschung gehört in den Bereich anwendungsnaher Forschung.

Mit den Herausforderungen einer weltweiten Nachhaltigkeitsstrategie fallen dem Staat neue Aufgaben zu. Dies gilt nicht nur für das Setzen und Sichern langfristig verlässlicher Rahmendaten, die Internalisierung externer Effekte und die Beseitigung dem Marktmechanismus entgegenstehender Restriktionen, sondern auch für die verbindliche Übernahme konkreter Ziele einer international abzustimmenden Nachhaltigkeitsstrategie. Vorgehensweisen, Fristen oder die Nutzung bestimmter Instrumente wie das Emission Trading oder die flexiblen Kioto-Instrumente müssen international abgestimmt werden. Dies setzt eine Durchforstung des bestehenden Systems voraus, um unterschiedlichste historisch gewachsene Hemmnisse für das Funktionieren des Marktmechanismus zu erkennen und gegebenenfalls zu beseitigen. Angesichts der im Zuge der Globalisierung noch wachsenden gegenseitigen Interdependenz werden nationale Alleingänge zur Sicherstellung einer nachhaltigen Entwicklung im Energiebereich immer weniger zielführend sein. Dies gilt ebenso für die mit der weiteren wirtschaftlichen Entwicklung verknüpfte weltweite Nutzung von Energieressourcen wie für die Inanspruchnahme der Umwelt. Nur wenn es gelingt, nicht nur die in Kioto erstmalig zustande gekommenen Vereinbarungen fortzuschreiben und zu ergänzen, sondern auch zunächst die Schwellenländer, schließlich jedoch alle Staaten in bindende Verpflichtungen mit einzubeziehen, werden die sich bereits heute abzeichnenden Probleme im Hinblick auf einen schonenden Umgang mit knappen Energieressourcen, vor allem aber eine Stabilisierung des Klimageschehens zu beherrschen sein und sich die mit entsprechenden Strategien verbundenen Anpassungslasten schultern lassen. Nur eine Strategie, die sich als effektiv sowie belastbar und gleichzeitig auch bei steigenden Kosten und Zielverzichten als bezahlbar, transparent sowie nichtdiskriminierend und damit auch als durchsetzbar erweist, und die es gestattet, sich flexibel und reversibel den verbleibenden Ungewissheiten anzupassen, wird daher als nachhaltig angesehen werden können.

Dabei ist im Rahmen eines marktwirtschaftlichen Systems eindeutig der Vorzug zu geben dem Einsatz

– marktkonformer Instrumente gegenüber marktinkonformen,
– global wirkender Instrumente gegenüber sektorspezifischen,
– international eingebetteter Instrumente gegenüber ausschließlich national orientierten,
– flexibler und reversibler Instrumente gegenüber starren,
– umfassend angelegter Ansätze, d. h. andere Sektoren und alle Klimagase, die Nutzung von Senken ebenso wie die Erhöhung der Adaptationsfähigkeit oder eine Kompensation von Schäden umfassende Überlegungen, gegenüber nur auf den Energiebereich und eine Reduzierung von CO_2 beschränkten Ansätzen.

Gefordert ist daher im Rahmen einer marktwirtschaftlich orientierten Nachhaltigkeitsstrategie neben der Setzung eines marktwirtschaftlichen Ordnungsrahmens ein Instrumentenmix aus maßgeschneiderten sektorspezifischen Maßnahmen zur Überwindung von Markthemmnissen und Restriktionen. Darüber hinaus bedarf es global wirkender marktkonformer, international abgestimmter Maßnahmen zur Internalisierung externer Effekte. Eine abschließende Entscheidung für Steuern, Emission Trading oder weiterentwickelte Selbstverpflichtungen als Antwort auf die mit einer Nachhaltigkeitsstrategie verbundenen Herausforderungen wird stark von den konkreten Möglichkeiten der Ausgestaltung sowie den jeweils gültigen Umfeldbedingungen abhängen. Dabei sollte das Ordnungsrecht allenfalls im Einzelfall (Lärmbekämpfung) oder ergänzend angewandt werden. Der Einsatz des steuerlichen Instrumentariums ist für die Lösung der mit externen Effekten einer Emission sonstiger Schadstoffe verbundenen Probleme vorstellbar. Unter pragmatischen Gesichtspunkten bietet es sich derzeit an, das bestehende Instrument der Selbstverpflichtung systematisch – nicht zuletzt im Hinblick auf den Anwendungsbereich, die Reichweite und die Anrechenbarkeit international erworbener Credits – zu erweitern und parallel dazu sorgfältig die Voraussetzungen für

die – zumindest europaweite – Einführung eines Systems handelbarer Zertifikate zu erarbeiten.

Eine rationale Strategie nachhaltiger Energieversorgung verzichtet darauf, bereits heute langfristig erst gegebenenfalls zukünftig erforderlich werdende Eingriffe zu konzipieren und umzusetzen. Sie setzt sich vielmehr operative Ziele für einen überschaubaren Zeitraum und trägt damit sowohl den verbleibenden Ungewissheiten, aber auch den Problemen der Durchsetzbarkeit allzu rigider Eingriffe Rechnung. Eine Nachhaltigkeitsstrategie überzeugt nur, wenn sie für notwendig erachtete Eingriffe hinreichend begründet und die damit einhergehenden Chancen aber auch Risiken und Zielverzichte verdeutlicht.

7. Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen

7.1 Große Herausforderungen

Es ist eine erstrangige politische Aufgabe, dafür Sorge zu tragen, dass im 21. Jahrhundert einer wachsenden und sich rasch weiter entwickelnden Menschheit Energie in stets ausreichender, qualitativ befriedigender und kostengünstiger Form bereitsteht, ohne dass hiermit inakzeptable Beeinträchtigungen der Umwelt und der Interessen zukünftiger Generationen einhergehen. Jede nationale Nachhaltigkeitsstrategie hat zudem der globalen Verantwortung gerecht zu werden, die ökonomischen, ökologischen und sozialen Ungleichgewichte in der Welt zu mindern und auszugleichen.

7.2 Internationaler Zusammenhang

Die Entwicklung einer nachhaltig zukunftsfähigen Energieversorgung ist eine globale Herausforderung. Sie setzt globale Lösungen voraus und erfordert gleichzeitiges Handeln von Industrie- und Entwicklungsländern. Hierbei sind die Industrieländer wegen ihrer außerordentlich hohen Inanspruchnahme von Energieressourcen und Umwelt alleine unter Beachtung des Verursachungsprinzips, aber auch wegen der bei weitem größeren – ihnen zur Verfügung stehenden – Optionen und nicht zuletzt ihrer viel besseren Kapitalausstattung gefordert. Langfristig ist aber auch die Einbindung von Schwellen- und Entwicklungsländern in bindende internationale Vereinbarungen zur schonenden Ressourcennutzung und zum Schutz des Klimas unverzichtbar.

Die von UNCED in Rio de Janeiro 1992 ausgegangenen Aktivitäten müssen über den Weltgipfel 2002 in Johannesburg hinaus fortentwickelt und verstärkt werden. Nationalstaatliche Aktivitäten allein in den Industrieländern reichen nicht aus. Sie sind vielmehr nachdrücklich gefordert, um die Voraussetzungen für globale nachhaltige Entwicklungen insbesondere auch in den Entwicklungsländern zu schaffen. Hierfür ist der Transfer von Wissen und energieeffizienten Energieerzeugungstechnologien und -anlagen erforderlich, gleichzeitig muss die Finanzierung gesichert werden. Technische und finanzielle Unterstützung allein reichen jedoch nicht aus. Jede Seite hat ihre besondere Verantwortung.

Ohne Eigenverantwortung und gute Regierungsführung in den Entwicklungsländern wird sich der Erfolg nicht einstellen. Internationale Vereinbarungen, die auch die Schwellen- und Entwicklungsländer mit umfassen, sind eher erreichbar, wenn die Industriestaaten sich auf abgestimmte Vorgehensweisen verständigen. Dazu sind überzeugende Initiativen Deutschlands geboten und unverzichtbar.

Die Sicherstellung einer nachhaltig zukunftsfähigen Energieversorgung in den Entwicklungs-, Schwellen- und Transformationsländern ist eine zentrale Aufgabe der wirtschaftlichen Zusammenarbeit und Entwicklungspolitik. Sie ist die Grundlage der Armutsbekämpfung, der Realisierung einer befriedigenden wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Entwicklung der Schwellen- und Entwicklungsländer und einer wirtschaftlichen Kooperation, aus der sich nicht zuletzt auch künftige Exportmärkte entwickeln können. Sie leistet schon mittelfristig einen entscheidenden Beitrag zur weltweiten Friedenssicherung und zur Vermeidung unerwünschter Migration.

7.3 Grundsätze einer nationalen Nachhaltigkeitsstrategie

Die gegenwärtige nationale Energiepolitik bedarf einer Umsteuerung. Sie muss sich von ihrem interventionistischen, technologiebezogenen, überwiegend aus der Binnensicht begründeten und einseitig auf einzelne – häufig nicht an energiewirtschaftlichen Kriterien orientierte – Belange ausgerichteten Vorgehen lösen. Es bedarf einer neuen strategischen Grundausrichtung, die ökologische, ökonomische und soziale Ziele im internationalen Kontext gleichrangig und mit derselben Intensität verfolgt. Die volkswirtschaftlichen Kosten für die Durchsetzung von Nachhaltigkeitszielen müssen bei der Auswahl von Maßnahmen und Mitteln die entscheidende Größe sein.

Für eine globale Nachhaltigkeitspolitik ist es von hervorragender Bedeutung, dass die Industrieländer ihre in Rio 1992 eingegangenen Verpflichtungen vollständig einlösen. Öffentliche Entwicklungshilfe muss erheblich ausgebaut und in den Dienst nachhaltiger Entwicklung gestellt werden. Sie wird aber allein die für den grundlegenden Strukturwandel erforderlichen Finanz- und Technologieströme nicht bereitstellen können. Die private Wirtschaft wird durch Selbstverpflichtungen, wirtschaftliche Anreize und einen geeigneten Ordnungsrahmen ebenfalls für die Zielsetzungen der nachhaltigen Entwicklung mobilisiert werden und letztlich hierfür sogar den entscheidenden Beitrag leisten müssen.

Die bisher verfolgte Energiepolitik der technologiebezogenen Zielvorgaben und der staatlichen Regulierungen über die dauerhafte Subvention bestimmter Techniken hat langfristig nicht die bestmögliche Ressourcennutzung und nicht die geringstmöglichen volkswirtschaftlichen Kosten zum Ergebnis.

Diese Politik muss ersetzt werden durch die Konzeption einer nachhaltigen Energieversorgung im Rahmen eines funktionierenden marktwirtschaftlichen Systems, für die der Staat langfristig verlässliche Rahmenbedingungen und strategische Nachhaltigkeitsziele – wie z. B. Umweltqualitätsziele – und nicht in erster Linie die Techniken und

Energieträger zu ihrer Erreichung festlegt. Diese Konzeption erfasst den gesamten Ressourcenverzehr, der mit der Befriedigung des Energiedienstleistungsbedarfs verbunden ist. In ihr spiegeln die Preise für die Inanspruchnahme von Ressourcen (Energieträger, Rohstoffe, Kapital, Arbeit, Umwelt) und für die Bereitstellung von Gütern und Leistungen deren tatsächliche Knappheit wider. Die Produktionsfaktoren werden in die jeweils produktivste Verwendung gelenkt. Alle technischen und infrastrukturellen Optionen besitzen nur Mittelcharakter und stehen miteinander im Wettbewerb. Ihr jeweiliger Beitrag zur Zielerreichung ergibt sich aus dem Marktgeschehen und kann nicht vorab festgelegt werden. Die effiziente Nutzung der Ressource Umwelt erfolgt über die Steuerungsmechanismen des Marktes, eine Übernutzung wird vermieden.

Die mit dem Konzept einer nachhaltigen Energieversorgung verknüpften Ziele – z. B. für den Klimaschutz – können bestmöglich erreicht werden, wenn die Energieversorgung zu den langfristig niedrigsten volkswirtschaftlichen Kosten erfolgt. Voraussetzung dafür ist, dass der Staat grundsätzlich vier Gestaltungsaufgaben erfüllt.

1. Einrichtung und Sicherung eines langfristig orientierten Ordnungsrahmens, innerhalb dessen sich der Marktmechanismus mit seinen Such- und Optimierungsprozessen entfalten kann.
2. Regelungen zur Internalisierung externer Effekte (Inwertsetzung von Umwelt und Natur), die gegebenenfalls als Konsequenz z. B. von Schadstoffemissionen, Klimaveränderungen oder der Übernutzung der verfügbaren Ressourcen abzuleiten sind.
3. Eliminierung oder zumindest Abbau von Hemmnissen, die dem Wirken des Marktmechanismus entgegenstehen und hierbei insbesondere
4. Intensivierung von Forschung und Entwicklung, um die Effizienz der Energiewandlung zu erhöhen, den Materialaufwand und die Umweltbelastungen durch Stofffreisetzungen von Energiesystemen zu reduzieren und die technisch-wissenschaftlich nutzbare Energiebasis für kommende Generationen zu erweitern sowie die bestehenden Wissensdefizite hinsichtlich der ökologischen Wirkungen von Energiesystemen zu mindern.

Wegen der grundsätzlich nicht zu eliminierenden Ungewissheiten, wie über den Charakter und die Größenordnung des Klimaproblems, die – zu welchen Bedingungen – als erschließbar anzusehenden Ressourcen, die Wirkung und das Gewicht externer Effekte, die nationale und internationale Entwicklung der Energiemärkte, die Verbraucherpräferenzen, der technische Fortschritt, die Adaptionsfähigkeit biologischer, physischer und gesellschaftlicher Systeme, die Wirkung einzelner Instrumente u. a. m., muss das Konzept einer nachhaltigen Energieversorgung Schritt für Schritt auf flexible und stets reversible Weise verwirklicht werden. Dabei ist zwischen den Implikationen, Kosten, Zielverzichten und Drittwirkungen hinsichtlich der ökonomischen, ökologischen und sozialen Belange abzuwägen. Interessen- und Zielkonflikte sind transparent zu machen und demokratisch auszutragen. Ein nachhaltig zukunftsfähiges Energieversorgungssystem entsteht also in einem evolutionären Prozess, der von regelmäßigen Überprüfungen des erreichten Entwicklungsstandes und Abwägungen zwischen ökonomischen, ökologischen und sozialen Belangen aufgrund neuen Wissens begleitet ist.

Nationale Politik kann angesichts der zunehmenden Integration unserer Volkswirtschaft in den europäischen- und den Weltmarkt immer weniger darauf verzichten, die supra- und internationale Entwicklung zu berücksichtigen aber gleichermaßen mitzugestalten. Nationale ökologische Vorreiterrollen sind gegen ihre sozialen und ökonomischen Auswirkungen abzuwägen.

Die Liberalisierung der Energiemärkte ist weltweit voranzutreiben, damit für Erzeuger, Dienstleister und Verbraucher gegebenenfalls noch bestehende Zutrittsbarrieren abgebaut werden und der Staat sich auf seine notwendige Rolle zurückziehen kann. Durch die Einführung des Wettbewerbs und den Marktzutritt neuer Anbieter wird Druck zur Ausschöpfung des Rationalisierungspotenzials erzeugt und die Vielfalt der angebotenen Energieprodukte und -dienstleistungen erweitert. Bei der Liberalisierung setzt Deutschland – anders als die übrigen Mitgliedstaaten der EU – auf den verhandelten Netzzugang ohne Regulierungsbehörde. Dies ist bei der gegebenen Struktur der leitungsgebundenen deutschen Energiewirtschaft eine effiziente Lösung und entspricht auch dem wettbewerbspolitischen Verständnis: Vorrang der Selbstregulierung der Wirtschaft vor staatlicher Regulierung, solange der Marktmechanismus funktioniert. Die Entwicklungen von Marktstruktur, -verhaltensweisen und -ergebnissen müssen sich daher immer wieder einer kritischen Überprüfung stellen.

Aus Gründen der Vorsorge ist vor allem eine aktive Klimaschutzpolitik geboten, allerdings unter Beachtung des Abwägungsgebots, d. h. die mit dem Einsatz bestimmter Instrumente verbundenen Kosten müssen in einem ausgewogenen Verhältnis zu den realistischerweise zu erwartenden positiven Effekten stehen. Die Klimapolitik ist mit einem Monitoring zu begleiten und an neu gewonnene Erkenntnisse flexibel anzupassen. Sie muss einerseits alle Möglichkeiten zur Reduktion von Treibhausgasemissionen, andererseits aber auch die gegebenen Optionen zur Nutzung von Klimagassenken und einer Anpassung an die Auswirkungen des Klimawandels in die Überlegungen einbeziehen. Globale, breit angelegte Strategien sind sektorspezifischen, oft inkonsistenten und ineffizienten Handlungsmustern vorzuziehen. Angesichts der bestehenden Unsicherheit des Klimawandels haben „No-regret“-Maßnahmen, d. h. gesamtwirtschaftlich effiziente Maßnahmen, eine prioritäre Bedeutung. Entsprechende politische und andere Hemmnisse, die ihrer Verwirklichung entgegen stehen, sind abzubauen.

Die strategischen Optionen für staatlich zu regelnde und den Marktakteuren zur Verfügung zu stellende Instrumente sind so auszuwählen, dass die Nachhaltigkeitsziele innerhalb der vorgesehenen Fristen mit bestmöglichen Resultaten hinsichtlich ihrer Effektivität, Effizienz und sonstigen Wirkungen erreicht werden können. Welchem Instrumentenmix aus den vorhandenen Instrumenten-

gruppen wie ordnungsrechtliche Auflagen, Steuern und Abgaben, Subventionen, handelbare Zertifikate und freiwillige Selbstverpflichtungen der Vorzug zu geben ist, hängt in hohem Maße vom Gegenstand und von der konkreten Ausgestaltung ab, nicht zuletzt auch von deren Einbettung in parallele – zumindest europaweite – Aktivitäten der übrigen Industrieländer. Dabei ist marktkonformen Maßnahmen der Vorzug zu geben, um die Suchprozesse des Marktes in den Dienst einer Nachhaltigkeitsstrategie zu stellen. Dauersubventionen scheiden als Instrument jedoch aus; das Ordnungsrecht erweist sich in vielen Fällen unter Effizienzgesichtspunkten und unter Berücksichtigung der damit verbundenen Drittwirkungen als unterlegen. Sowohl die Steuer als auch bestimmte Formen des Zertifikatehandels werfen weitreichende Umverteilungsprobleme auf.

Vor der Einführung eines dieser Instrumente sollte wegen des Grundsatzcharakters einer solchen Entscheidung in jedem Falle noch eine sorgfältige Evaluierung der hiermit sich eröffnenden Möglichkeiten aber gegebenenfalls auch Probleme erfolgen. Bis zur Entwicklung einer europaweit abgestimmten Vorgehensweise sollte daher das Selbstverpflichtungsmodell – gegebenenfalls erweitert – fortgeführt und durch sektorspezifische Maßnahmen flankiert werden. Dabei dürfte der Weg der Internalisierung externer Effekte bestmöglich durch global wirkende Instrumente und die Beseitigung von Hemmnissen durch sektorspezifische Maßnahmen erreichbar sein.

Technische Optionen müssen offen gehalten und nach Möglichkeit erweitert werden. Es geht dabei um alle erreichbaren Potenziale

– einer technisch-wirtschaftlich nutzbaren Energiebasis für eine global steigende Energienachfrage,
– der Vermeidung und Verminderung der Freisetzung von Schadstoffen, insbesondere von klimarelevanten Gasen auch in den übrigen Sektoren unserer Volkswirtschaft sowie
– der Anpassung an die Folgen nicht nachhaltiger Entwicklungen.

In der Konsequenz fairer, globaler Ressourcen- und Arbeitsteilung ist es Aufgabe von Industrieländern wie der rohstoffarmen Industrienation Deutschland, wettbewerbsfähige Kapital- und wissensbasierte Energiesysteme zu entwickeln und zu nutzen, nicht zuletzt um die Weltmärkte im Interesse der Länder der Dritten Welt zu entlasten.

Im Bereich der Energietechnologie nimmt Deutschland international eine Spitzenstellung ein. Deutschland ist in hohem Maße auf Primärenergieimporte angewiesen. Aus diesen Gründen ist ein starker Energiestandort, d. h. Erzeugungsstandort notwendig, an dem technologische Kompetenz und qualifizierte Arbeitsplätze im Wettbewerb erhalten werden können. Notwendig ist zudem Freiraum für Forschung und Entwicklung und für Innovation, um den Energiestandort Deutschland auf hohem Niveau weiterzuentwickeln. Nach 2010 wird ein großer Erneuerungsbedarf bei den deutschen Kraftwerken bestehen. Die investierende Wirtschaft muss über alle technischen Optionen bestmöglich verfügen können.

Erforschung und Entwicklung neuer Energietechniken und -systeme sind staatlich zu fördern, wenn zu erwarten ist, dass sie einen wesentlichen Beitrag zur nachhaltigen, d. h. eine ökonomisch, ökologisch und soziale Entwicklung leisten können. Die Markteinführung solcher Techniken und Anlagen ist zu fördern, wenn sich absehen lässt, dass sie in mittlerer Frist im Wettbewerb bestehen können. Subventionen sind nur nach Zeit und Umfang begrenzt und sich stufenweise vermindernd zu gewähren. Dauersubventionen sind abzulehnen; wo sie bestehen, sind sie sozialverträglich abzubauen. Unkontrolliert anwachsende Subventionen führen zu zunehmenden sozialen und wirtschaftlichen Belastungen, sie sind externe Kosten einer nicht nachhaltigen Entwicklung.

7.4 Handlungsempfehlungen für eine am Leitbild Nachhaltigkeit orientierte Energiepolitik

7.4.1 Internationale Maßnahmen

Der Weltgipfel für nachhaltige Entwicklung 2002 in Johannesburg hat die Zielsetzung, humanere Lebensbedingungen für eine weiter wachsende Weltbevölkerung zu schaffen, und dazu gehören größere Spielräume für die wirtschaftliche Weiterentwicklung der Entwicklungs- und Schwellenländer. Eine leistungsfähige Ökonomie ist die Grundlage jeder nachhaltigen Entwicklung, sie sorgt nicht nur für ein hohes Beschäftigungsniveau, sondern auch für einen schnelleren Umschlag des Kapitals und damit für die beschleunigte Durchsetzung des die Effizienz steigernden technischen Fortschritts. Es ist nicht im Interesse dieser Länder, Nachhaltigkeit auf Klimaschutz und den Finanz-, Technologie- und Know-how-Transfer auf regenerative Energietechniken zu begrenzen.

– Die wirtschaftliche, umwelt- und sozialverträgliche Bereitstellung von Energiedienstleistungen ist die Voraussetzung jeder nachhaltigen Entwicklung und muss deshalb in das Zentrum der Entwicklungspolitik gerückt werden. Noch bestehende Hemmnisse auf diesem Weg sind abzubauen.
– Beim Transfer von nachhaltigen Technologien, Know-how und Kapital in die Entwicklungsländer sind die jeweiligen kulturellen, wirtschaftlichen, sozialen und ökologischen Gegebenheiten vor Ort zu berücksichtigen. Die zu errichtenden effizienten und von den Kosten tragbaren sowie finanzierbaren Systeme zur Bereitstellung, Verteilung und Nutzung von Energien sind an diese Gegebenheiten anzupassen.
– Da in den vorhandenen, häufig äußerst ineffizienten Versorgungsstrukturen der Haushalts- und Gewerbebereiche in den Entwicklungsländern mit geringem finanziellen Aufwand große Energiekosteneinsparungen zu erwirtschaften sind, ist deren Verbesserung mit Priorität anzupacken.
– Die Energie-Charta ist mit dem Ziel weiterzuentwickeln, Sicherheitsstandards und Energieeffizienz bei der Energieerzeugung, -umwandlung und -nutzung zu verbessern.

– Internationale Kooperationen über die nachhaltige Nutzung und Bewirtschaftung natürlicher Ressourcen und den Klimaschutz sind zwischen der EU und wichtigen Ländern wie China und Indien anzustreben, die nicht zu den in Annex I der Klima-Rahmenkonvention der Vereinten Nationen aufgelisteten 24 Industrieländer zählen.

– Nationalen Emittenten muss ermöglicht werden, ihren THG-Reduktionsverpflichtungen durch besondere Anstrengungen im Ausland oder durch die Teilnahme an einem internationalen Zertifikatehandel zwischen Staaten nachzukommen (Kioto-Mechanismen). Durch diese Verzahnung der Klimaschutzpolitik mit dem Aufbau einer nachhaltigen Energieversorgung in der Dritten Welt ist der Kapital- und Wissenstransfer zu Gunsten der Entwicklungsländer zu verstärken.

7.4.2 Nationale und supranationale Maßnahmen

Zum vorsorglichen Schutz vor unerwünschten Folgen möglicher Klimaänderungen hat sich die Bundesregierung verpflichtet, bis 2005 gegenüber dem Basisjahr 1990 die nationalen CO_2-Emissionen um 25 % zu vermindern. Die Kioto-Zielsetzungen sind bis 2008/12 zu realisieren. Die EU-Kommission stellt dazu in ihrem zweiten Zwischenbericht vom 30. November 2001 über die effektiv erzielten und erwarteten Fortschritte bei der Minderung der Treibhausgasemissionen in der EU fest, dass Deutschland seine Ziele aus der EU-Lastenteilungsvereinbarung (drei Viertel der EU-Verpflichtung insgesamt) voraussichtlich ohne zusätzliche Maßnahmen erreichen wird. Nationale Klimaschutzpolitik wird sich deshalb zunehmend mit dem Nach-Kioto-Prozess zu befassen haben. Es ist zu erwarten, dass sie nach 2012 fortgesetzt, möglicherweise erheblich verstärkt werden muss. Weichenstellungen sind unter Beachtung der Grundsätze für eine langfristig angelegte Nachhaltigkeitspolitik, d. h. der gleichrangigen Verfolgung ökologischer, ökonomischer und sozialer Ziele vorzubereiten.

– **Umsetzung bestehender Verpflichtungen.**

  – Mit einem sorgfältigen Monitoring und einer Weiterentwicklung der Selbstverpflichtungen in der deutschen Wirtschaft ist sicherzustellen, dass Deutschland seine Verpflichtungen zur CO_2-Minderung auch tatsächlich erreicht. Im Klimaschutz hat sich der Weg der Selbstregulierung (durch Selbstverpflichtung) als sehr erfolgreich erwiesen. Dieser Weg muss konsequent weiter gegangen werden und ist mit neuen Instrumenten, wie Kioto-Mechanismen und Emissionshandel, in Einklang zu bringen bzw. um diese zu ergänzen.

  – Deutschland hat auf europäischer Ebene darauf hinzuwirken, dass alle EU-Mitgliedstaaten ihre Verpflichtungen aus der EU-Lastenteilungsvereinbarung einhalten. Die deutsche Wirtschaft kann nicht durch zusätzliche EU-Maßnahmen und eine beträchtliche Übererfüllung der ohnehin enormen nationalen EU-Verpflichtung für die großen Defizite der EU insgesamt haftbar gemacht werden.

– **Schaffung eines Ordnungsrahmens für eine nachhaltige Entwicklung und Abbau von Markthemmnissen**

  – Volle Liberalisierung und Schaffung wettbewerblicher Energiemärkte in Europa;

  – Harmonisierung der Energiebesteuerung in Europa;

  – Schluss mit der politischen Festlegung von Anteilen bestimmter Energieträger bzw. Energietechnologien und statt dessen Vorgabe von Zielsetzungen, die an den Ursachen nicht nachhaltiger Entwicklungen ansetzen;

  – Durchforstung bzw. etwaige Änderung des derzeit bestehenden Rechtes mit dem Ziel, institutionelle Hemmnisse abzubauen, damit im Markt die erwarteten Such- und Optimierungsprozesse ablaufen können. Beispiele für solche Hemmnisse sind:

    – Bestimmungen, die der Markteinführung von Energiedienstleistungen entgegenstehen;

    – Regelungen, die durch Liberalisierung und Internationalisierung der Energiemärkte überflüssig geworden sind, wie z. B. die Bundestarifordnung Elektrizität;

    – Fehlallokationen von Kapital durch ineffiziente Subventionen, z. B. durch das Kraft-Wärme-Kopplungs-Fördergesetz;

    – Mietrechtsbestimmungen, die eine volle Überwälzung von baulichen und heizungstechnischen Investitionskosten, die zu Heizkostenersparnissen führen, auf die Miete nicht zulassen;

    – Diskriminierung der thermischen Verwertung von Stoffen bei der Altautoentsorgung (Altautoverordnung), welche die Leichtbauweise als Schlüsseltechnologie zur Verbrauchsreduktion behindert;

    – Neubauverbot von Kernkraftwerken in dem seit April 2002 geltenden Atomgesetz, wodurch die Option der Nutzung von Kernkraftwerken neuester Technologien blockiert wird;

    – Laufzeitbeschränkungen für mit hohen Sicherheitsstandards betriebene Kernkraftwerke, wodurch Wettbewerbsverzerrungen in Deutschalnd zu Lasten von Arbeitsplätzen entstehen;

    – Moratorium für die Erkundungsarbeiten am Endlagerstandort Gorleben, wodurch die Lösung des Entsorgungsproblems verschleppt wird.

– **Nachhaltige Nutzung und Bewirtschaftung natürlicher Ressourcen**

  – Weiterentwickelte Selbstverpflichtung der deutschen Wirtschaft unter Einbeziehung der Anrech-

nungsmöglichkeiten der Kioto-Instrumente als nationale Maßnahme bis zur Einführung eines zumindest europaweit angelegten und Vorleistungen adäquat zu berücksichtigenden Zertifikathandels, der nichtdiskriminierend sämtliche THG-Emittenten umfasst und die flexiblen Kioto-Mechanismen Joint Implementation (JI) und Clean Development Mechanism (CDM) miteinbezieht;

- internationale Kooperation mit Nicht-Annex-I-Ländern anstreben, um sie in ein Treibhausgasemissions-Begrenzungsregime einzubinden;
- zur Internalisierung der externen Kosten sonstiger Schadgasemissionen soll ein mindestens europaweit geltendes Besteuerungssystem eingeführt werden, dessen Steuersätze sich an den externen Kosten der Schadstoffemissionen orientieren;
- mit der Realisierung der Instrumente zur effizienten Nutzung von Senkenfunktionen der Umwelt, einer spezifischen Schadstoffsteuer auf sonstige Emissionen, einer weiterentwickelten Selbstverpflichtung und Treibhausgasemissions-Zertifikatehandel kann die sogenannte Ökosteuer sukzessive abgebaut bzw. abgeschafft werden.

– **Forschung, Entwicklung und Markteinführungshilfen**
  - Erhöhung der staatlichen Mittel für Forschung und Entwicklung im Energiebereich;
  - Ersatz des Erneuerbare-Energien-Gesetzes durch ein effizientes und marktkonformes Fördermodell zur Unterstützung der Markteinführung neuer Energietechniken bzw. erneuerbarer Energien; Prüfung des Zertifikatehandels zur Erfüllung der EU-Mengenvorgaben bei erneuerbaren Energien im Interesse einer Standortoptimierung;
  - Forschung und Entwicklung in Technikbereichen, die plausible Beiträge zu einer nachhaltigen Energieversorgung erwarten lassen. Beispielhaft seien erwähnt:
    - fossile Kraftwerkstechniken mit sehr hohen Wirkungsgraden und minimalen Schadstoffemissionen („Clean Coal Technology“ und CO_2-Endlagerungstechniken);
    - Techniken zur direkten Nutzung von Biomasse sowie zur Erzeugung gasförmiger und flüssiger Energieträger aus Biomasse;
    - Photovoltaiksysteme mit höheren Wirkungsgraden und reduzierten Kosten;
    - Brennstoffzellen-Technologien zur Strom- und Wärmebereitstellung sowie als Kfz-Antrieb;
    - Wirtschaftliche, umweltverträgliche und bedarfsgerecht verfügbare Speichersysteme;
    - Kernfusion;
    - Kernkraftsysteme mit neuesten Technologien („inhärent sichere Reaktorlinien“);
    - Entsorgungstechniken für Abfälle aus der Kernenergienutzung, die das Inventar an langlebigen radioaktiven Stoffen drastisch reduzieren (Transmutation);
    - Werkstofftechnologien und Verfahrenstechniken zur Erhöhung von Wirkungsgraden, Sicherheit und insbesondere zur Verminderung von Herstellungskosten;
    - Techniken zur rationellen Nutzung von Energie in Industrie und Gewerbe;
    - alternative Endenergieträger für den mobilen Einsatz mit dem Potenzial, alle fahrzeugseitigen Treibhausgas- und Schadstoffemissionen zu minimieren bzw. ganz zu vermeiden;
    - Methoden zur Minderung des Energiebedarfs für Fahrzeuge, Schiffe und Flugzeuge durch Maßnahmen zur Minderung der Betriebswiderstände und durch Energiemanagement;
    - Methoden zur Minderung des Energieverbrauchs im Verkehr durch Verkehrsmanagementmaßnahmen.
  - Staatlich geförderte Markteinführungsprogramme sind geeignet für marktnahe Techniken, die einen wesentlichen Zielbeitrag leisten können wie beispielsweise:
    - Maßnahmen zur Senkung des Energiebedarfs im Gebäudebereich, wie z. B. die Einführung von Niedrigenergiehaus- oder Passivhaus-Standards;
    - Sanierung von Fassaden, Dächern, Fenstern im Altgebäudebestand im Rahmen der Erneuerungszyklen;
    - Motivation, Information und Beratung der Gebäudeeigentümer sowie die Weiterbildung der Planer und Handwerker ist durch flankierende Maßnahmen zu verstärken;
    - Wärmepumpenanlagen;
    - Befeuerungsanlagen für Biomasse.

– **Maßnahmen zur Anpassung an die Folgen der Klimaänderung sind fortzusetzen und ggf. zu verstärken**
  - z. B. Deichbaumaßnahmen, Sandvorspülungen, Bewässerungssysteme und Schutzbauten u. a. in Gebirgsregionen.

– **Einführung des Leitbildes der Nachhaltigkeit in Bildung und Forschung**

  Dazu gehören die
  - Entwicklung pädagogischer und didaktischer Konzepte für die schulische Erziehung, die von der reinen Wissensvermittlung über die Bewusstseinsbildung hin zu verantwortlichem Handeln umfassend angelegt sind;
  - Integration des Nachhaltigkeitsgedankens in Studiengänge, Weiterbildungsangeboten sowie in allen Forschungsfeldern.

7.5 Schlussbemerkungen

Die zur Entwicklung einer nachhaltig zukunftsfähigen Energieversorgung erforderliche Umsteuerung der gegenwärtigen Politik ist von so grundlegender Natur, dass man sie als Paradigmenwechsel kennzeichnen kann.

Angemessene Antworten auf die von einem Konzept nachhaltiger Energiewirtschaft aufgeworfenen Fragen können nur unter gleichrangiger Berücksichtigung ökologischer, ökonomischer und sozialer Belange sowie unserer Verantwortung sowohl zukünftigen Generationen als auch den Entwicklungsländern gegenüber gefunden werden.

Der bislang im wesentlichen unkoordiniert auf den Energiebereich und die Reduktion von CO_2 beschränkte Ansatz muss auf alle anderen Sektoren und Klimagase, auf die Nutzung von Senken ebenso wie die Erhöhung der Adaptionsfähigkeit und die Möglichkeiten einer Kompensation von Schäden umfassend erweitert werden.

Entscheidend ist, dass der Staat sich auf die ihm in einem marktwirtschaftlichen System zugewiesene Rolle konzentriert, d. h. einen verlässlichen Rahmen setzt, externe Effekte internalisiert, Hemmnisse beseitigt und durch Unterstützung von Forschung und Entwicklung das Spektrum von Optionen erweitert, die für eine Lösung der Probleme einer nachhaltigen Energieversorgung herangezogen werden können.

Marktinkonforme, isoliert national konzipierte und starre Instrumente sowie die technologiespezifischen und interventionistischen energiepolitischen Markteingriffe müssen hierbei ersetzt werden durch marktkonforme, global wirkende und international eingebettete Vorgehensweisen, die flexibel und reversibel an Erkenntnisfortschritte sowie an sich grundlegend verändernde Umfeldbedingungen angepasst werden können.

Mit einer solchen Strategie wird der Marktmechanismus in die Lage versetzt, bestmöglich den Zielsetzungen einer Konzeption nachhaltiger Energieversorgung zu entsprechen. Nicht willkürliche, unkoordinierte, technikfeindliche staatliche Intervention ist die geeignete Antwort auf die vor uns liegenden Herausforderungen, sondern nur eine Strategie, die das ganze Spektrum verfügbarer Optionen in den Blick nimmt, diese nach Maßgabe ihrer Effektivität und Effizienz vorurteilsfrei bewertet und hierbei nicht zuletzt auch die vielfältigen Implikationen staatlichen Handelns für die Realisierung einer zugleich ökologie- wie ökonomie- und sozialverträglichen Entwicklung explizit in die Überlegungen einbezieht.

Literaturverzeichnis

Anhörungen der Enquete-Kommission

„Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und der Liberalisierung“

– „Konkretisierung und Operationalisierung des Leitbildes Nachhaltige Entwicklung für das Aktivitätsfeld Energie.“ Anhörung am 19. September 2000.

– „Klimawandel.“ Anhörung am 16. Oktober 2000.

– „Weltweite Entwicklung der Energienachfrage und der Ressourcenverfügbarkeit.“ Anhörung am 17. Oktober 2000.

– „Auswirkungen der Liberalisierung und der Globalisierung auf die Energiemärkte unter besonderer Berücksichtigung der EU-Osterweiterung.“ Anhörung am 30. und 31. Oktober 2000.

– „Neue Institutionen zur Bewältigung globaler Umwelt- und Energieprobleme und Probleme bei der Finanzierung von Projekten zur Energieversorgung in den Entwicklungs- und Transformationsländern.“ Anhörung am 19. November 2001.

– „Innovative Energietechnologien und -systeme.“ Anhörung A am 20. November 2001.

– „Verhaltensbedingte Energieeinsparpotenziale.“ Anhörung B am 20. November 2001.

– „Mobilität und Verkehr.“ Anhörung am 6. Dezember 2001.

Studien im Auftrag der Enquete-Kommission

„Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und der Liberalisierung“

– Instrumentenstudie:

Öko-Institut e. V. (federführend) und Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW):

„Analyse und Vergleich der flexiblen Instrumente des Kioto-Protokolls.“ Bearbeiter: M. Cames, A. Herold, M. Kohlhaas, K. Schumacher, C. Timpe.

Endbericht: 176 S., Berlin, August 2001.

– Liberalisierungsstudie:

Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln (EWI): „Liberalisierung der Strom- und Gasmärkte und ihre Auswirkungen auf die klimapolitischen Ziele.“ Bearbeiter: J. Drillisch, I. Hallaschka, D. Lindenberger, A. J. Nolden, W. Schulz.

Endbericht: 118 S., Köln, August 2001.

– Potenzialstudie:

Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (FhG-ISI) (federführend) und Forschungszentrum Jülich, Programmgruppe Systemforschung und Technologische Entwicklung (STE): „Systematisierung der Potenziale und Optionen.“ Bearbeiter: C. Cremer, M. Kleemann, L. Behnke, U. Birnbaum, U. Böde, H. Bradke, R. Heckler, G. Kolb, K. Leubner, P. Markewitz, R. Walz.

Zwischenbericht: 16 S., Mai 2001.

Endbericht: 89 S., Karlsruhe/Jülich, Dezember 2001.

– Szenarienstudie:

PROGNOS AG (Basel) (federführend), Wuppertal-Institut für Umwelt, Klima, Energie (WI) und Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), Universität Stuttgart: „Szenarienerstellung.“ Bearbeiter: M. Schlesinger, U. Fahl, M. Fischedick, D. Assmann, M. Blesl, T. Hanke, S. Lechtenböhmer, U. Remme.

Zwischenbericht: 59 S., November 2001.

Endbericht: 360 S., Basel, Wuppertal, Stuttgart, Juni 2002.

– Verkehrsstudie:

Forschungszentrum Jülich, Programmgruppe Systemforschung und Technologische Entwicklung (STE): „Synoptische Analyse vorliegender Studien in Bezug auf den Trend bzw. die Reduktionspotenziale von CO_2-Emissionen im Verkehr.“ Bearbeiter: K. U. Birnbaum, J. Linßen , M. Walbeck.

Endbericht: 96 S., Jülich, Februar 2002.

– WTO-/GATT-Studie:

Hamburgisches Weltwirtschafts-Archiv (HWWA): „WTO/GATT – Rahmenbedingungen und Reformbedarf für die Energiepolitik sowie die Rolle der Entwicklungspolitik im Kontext einer außenhandels- und klimapolitischen Orientierung.“ Bearbeiter: S. Greiner, H. Großmann, G. Koopmann, K. Matthies, A. Michaelowa, S. Steger.

Endbericht: 61 S., Hamburg, Juni 2001.

Literaturstellen

Abramowitz, J. N., A. T Mattoon (1999): „Paper Cuts: Recovering the Paper Landscape.“ Worldwatch Paper 149. Worldwatch Institute. Washington D. C.

Aebischer B., A. Huser (2000): „Vernetzung im Haushalt. Auswirkungen auf den Stromverbrauch.“ Studie von CEPE, ETH Zürich und Encontrol GmbH im Auftrag des Bundesamts für Energie, Bern. http://www.electricity-research.ch/SB/Haushaltsvernetzung-00.pdf.

AGFW (2001a) (Arbeitsgemeinschaft Fernwärme e. V. bei der Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke): „Pluralistische Wärmeversorgung – Zeithorizont 2005.“ Frankfurt a.M.

AGFW (2001b): „Zertifizierung von KWK-Anlagen – Ermittlung des KWK-Stroms.“ Arbeitsblatt FW 308. Beilage zum Bundesanzeiger Nr. 169a vom 8. September 2001.

AGFW (2001c): „Strategien und Technologien einer pluralistischen Fern- und Nahwärmeversorgung in einem liberalisierten Energiemarkt unter besonderer Berücksichtigung der Kraft-Wärme-Kopplung und erneuerbarer Energien.“ Band 1: „Grundlagen der Kraft-Wärme-Kopplung, Zertifizierungsverfahren und Fördermodelle.“ Frankfurt a. M.

Allnoch, N. (2000): „Zur weltweiten Entwicklung der regenerativen Energien.“ Energiewirtschaftliche Tagesfragen, 50. Jg. Heft 5, S. 344 bis 348.

Allnoch, N., R. Schlusemann (2000): „Windverhältnisse und Energieerträger im Binnenland – Windprognose und Fehlerquellen, Windindex.“ In: Landesinitiative Zukunftsenergien NRW (Hrsg.): Tagungsband Fachtagung Windtech 2000.

Altner, G. (1995): „Zukünftige Energiepolitik – Vorrang für rationelle Energienutzung und regenerative Energiequellen.“ Economica Verlag. Bonn.

AMCG (2002): „Markteinführung von Brennstoffzellen-Produkten: Auswirkungen auf den Maschinen- und Anlagenbau.“ Gutachten für FKM – Forschungskuratorium Maschinenbau e. V., Frankfurt a. M.

Angerer, G. u. a. (1998): „Innovationspotenziale von Umwelttechnologien: Innovationsstrategien im Spannungsfeld von Technologie, Ökologie und Ökonomie.“ ISI-Schriftenreihe Technik, Wirtschaft und Politik, Band 32, Karlsruhe.

Angerer, G. u. a. (1999): „Entwicklung eines hochwertigen Betonwerkstoffs mit polyolefinischem Leichtzuschlag. Technische Machbarkeit und wirtschaftliche Attraktivität.“ Forschungsprojekt im Auftrag der Deutschen Gesellschaft für Kunststoff-Recycling mbH. FhG-ISI, Institut für Massivbau und Baustofftechnologie der Universität Karlsruhe und FhG-ICT. Unveröffentlichter Endbericht. Karlsruhe.

Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (verschiedene Jahrgänge): „Energiebilanzen für Deutschland.“ http://www.ag-energiebilanzen.de/daten/inhalt1.htm.

ASUE (2001) (Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch): „Mikro-KWK, Motoren, Turbinen und Brennstoffzellen.“ Kaiserslautern.

Bartholomai, B. (2001): „Schlechte Aussichten für den Wohnungsbau.“ DIW-Wochenbericht 3/01. Berlin.

BCG (1999) (Boston Consulting Group): „Paper and the Electronic Media: Creating Value from Uncertainty.“ Beziehbar über imc-info@bcg.com.

BDI (2002) (Bundesverband der Deutschen Industrie): „Stellungnahme der deutschen Wirtschaft zum Richtlinien-Vorschlag für einen europaweiten Handel mit Treibhausgas-Emissionsberechtigungen vom 21. Januar 2002.“

Becker, P. (2001): „Zur Lage der Stadtwerke im vierten Jahr der Marktöffnung - Regulierung Ja oder Nein?“ In: Zeitschrift für Neues Energierecht, Nr. 3/2001, S. 122 bis 129.

Bickel, P. u. a. (1999): „Monetary Valuation of Life Cycle Impacts: the Case of Road and Rail Transport in Germany.“ Paper presented at the 9th Annual Meeting of SETAC-Europe, 25-29 May 1999. Leipzig.

Birnbaum, U. u. a. (2000): „Die Marktsituation von Brennstoffzellen.“ In: Forschungsverbund Sonnenenergie: „Themen 1999 – 2000: Zukunftstechnologie Brennstoffzelle.“ Berlin, S. 81 bis 89.

Bitsch, R. (2001): „Systemeinbindung verteilter dezentraler Energieerzeugung.“ Siemens AG ETG-Kongress Nürnberg. Nürnberg.

BLB (1999) (Bayerische Landesbank) (Hrsg.): „Der Immobilienmarkt im neuen Jahrtausend. Langfristige Trends und Visionen.“ München.

Blok, K. (Hrsg.) (1996): „Overview of energy RD&D options for a sustainable future.“ Europäische Kommission/Generaldirektion Wissenschaft, Forschung und Entwicklung. Luxemburg.

BMBF (2002) (Bundesministerium für Bildung und Forschung): „Faktenbericht Forschung 2002.“ Berlin. http://www.bmbf.de

BMU (1999) (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit): „Klimaschutz durch Nutzung erneuerbarer Energien.“ Studie i. A. des BMU und des Umweltbundesamtes durch DLR, WI, ZSW, IWR und Forum für Zukunftsenergien. UFOPLAN-Vorhaben 298 97 340. Bonn, Münster, Wuppertal, 31. Oktober 1999.

BMU (2000): „Klimaschutzprogramm.“ Berlin.

BMU (2001a): „Klimakonferenz vom 29.10. - 09.11.01 in Marrakesch. Die letzte Etappe vor dem In-Kraft-Treten des Kyoto-Protokolls." Berlin. http://www.bmu.de

BMU (2001b): „Kongress: Offshore-Windenergienutzung und Umweltschutz – Integration von Klimaschutz, Naturschutz, Meeresschutz und zukunftsfähiger Energieversorgung.“ 14./15. Juni 2001, Tagungsband. Berlin.

BMU (2002): „Entwicklung der erneuerbaren Energien.“ Aktueller Sachstand 1/2002. Berlin.

BMVBW (2000) (Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen): „Weltbericht für die Zukunft der Städte – Urban 21.“ Berlin.

BMVBW (2001): „Auswirkungen neuer Informations- und Kommunikationstechniken auf Verkehrsaufkommen und innovative Arbeitsplätze im Verkehrsbereich.“ Berlin.

BMVBW (2001/2002): „Verkehr in Zahlen (2001/2002)“. 30. Ausgabe, Deutscher Verkehrsverlag, Hamburg.

BMWi (1994) (Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie): „Energieeinsparung und erneuerbare Energien.“ BMWi Dokumentation Nr. 361. Berlin.

BMWi (1999a): „Kohlekraftwerke der Zukunft: sauber und wirtschaftlich.“ Berlin.

BMWi (1999b): „Energie-Effizienz-Indikatoren: Statistische Grundlagen, theoretische Fundierung und Orientierungsbasis für die politische Praxis.“ Kurzfassung des Abschlussberichts, BMWi Dokumentation Nr. 456. Bonn.

BMWi (1999c): „Das Marktanreizprogramm zugunsten erneuerbarer Energien (MAP).“ Berlin.

BMWi (2000): „Energie-Daten 2000 – Nationale und internationale Entwicklung.“ Bonn.

BMWi (2001): „Nachhaltige Energiepolitik für eine zukunftsfähige Energieversorgung.“ Energiebericht. Berlin.

Böde, U., H. Bradke u. a. (2000a): „Detaillierung des Stromverbrauchs privater Haushalte in der Bundesrepublik Deutschland.“ Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung. Karlsruhe.

Böde, U., H. Bradke u. a. (2000b): „Rationelle Energieverwendung: ein Literaturüberblick des Jahres 1999.“ BWK – Brennstoff-Wärme-Kraft, 52. Jg., Nr. 4/2000, S. 86 bis 91.

Böhm, E. (1996): „Branchenübergreifende Methodenentwicklung zur Bilanzierung und Bewertung der Umweltwirkungen von Produkten, Prozessen und technischen Systemen. Ökobilanzen“ Abschlussbericht. Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung. Karlsruhe.

Booz, Allen & Hamilton (2000): „The Competitiveness of Europe’s ICT markets.“ Studie für das niederländische Wirtschaftsministerium. Amsterdam.

BP (2001) (British Petroleum): „Statistical review of world energy.“ http://www.bp.com

Bradke, H. (2001): Stellungnahme bei der Anhörung A am 20. November 2001.

Braess, H.-H., U. Seifert (Hrsg.) (2000): „Handbuch der Kraftfahrzeugtechnik.“ Braunschweig.

Bringezu, S. (2000): „Ressourcennutzung in Wirtschaftsräumen.“ Berlin.

Brown, A. (Hrsg.) (1997): „Mini Hydro: Policy and Practice.“ In: Hydronet, Sonderteil von Heft 1/97.

BUND, Misereor (1995): „Zukunftsfähiges Deutschland.“ Studie des Wuppertal Instituts für Klima, Umwelt, Energie. Endbericht. Wuppertal.

Bünger, U. u. a. (2000): „Energieketten.“ In: Forschungsverbund Sonnenenergie – Themen 1999–2000: Zukunftstechnologie Brennstoffzelle. Berlin, S. 59 bis 64.

Charpin u. a. (2000): „Economic Forecast Study of the Nuclear Power Option.“ Report to the Prime Minister. Paris.

Chisholm, S.W. u. a. (2001): „Dis-Crediting Ocean Fertilization.“ Science, Vol. 294, 10/2001, S. 309 bis 310.

Christensen, J. (2001): Stellungnahme bei der Anhörung am 19. November 2001.

CIA (2000) (Central Intelligence Agency): „Global Trends 2015: A Dialogue About the Future with Nongovernment Experts.“ http://www.odci.gov

CSIS (1998) (Center for Strategic and International Studies): „The Changing Geopolitics of Energy. Part III: Regional Developments in the Middle East.“ Washington, D.C.

CSIS (1999): „Geopolitics and Energy in the Middle East.“ Washington, D.C.

CSIS (2000a): „The Geopolitics of Energy into the 2st Century. Vol. 1: An Overview and Policy Considerations.“ A Report of the CSIS Strategic Energy Initiative. Washington, D. C.

CSIS (2000b): „The Geopolitics of Energy into the 2st Century. Vol. 2: The Supply-Demand Outlook, 2000–2020.“ A Report of the CSIS Strategic Energy Initiative. Washington, D. C.

CSIS (2000c): „The Geopolitics of Energy into the 2st Century. Vol. 3: The Geopolitical Outlook, 2000–2020.“ A Report of the CSIS Strategic Energy Initiative. Washington, D. C.

Dauensteiner, A. (2002): „Auf dem Weg zum Ein-Liter-Auto. Minimierung aller Fahrwiderstände mit neuen Konzepten.“ Berlin, Heidelberg, New York.

De Almeida, E. (1998): „Energy efficiency and the limits of market forces: The example of the electric motor market in France.“ Energy Policy, 26. Jg., Nr. 8, S. 643 bis 653.

De Beer, J. (1998): „Potential for Industrial Energy Efficiency Improvement in the Long Term.“ Dissertation, Universität Utrecht, NL.

DEBRIV (2001) (Deutscher Braunkohlen-Industrie Verein): „Aspekte und Überlegungen zur zwangsweisen Einführung eines CO_2-Zertifikatehandels (Emissions Trading).“ Stellungnahme. Köln, 25. Juli 2001.

Dettli, R. (2001): „Sind alle Stromprodukte grün? Mögliches Vorgehen zur Kennzeichnung der Elektrizität.“ In: Bundesamt für Energie (Hrsg.): Öffnung des Strommarktes – Beiträge der energiewirtschaftlichen Forschung (Tagungsband). Bern, 22. November 2001, S. 85 bis 94.

Dettli, R., J. Markard (2001): „Kennzeichnung von Elektrizität. Mögliches Vorgehen gemäß Art. 12 EMG.“ Studie im Rahmen des Forschungsprogramms Energiewirtschaftliche Grundlagen des Bundesamtes für Energie. Bern.

Deuber, O. (2002): „Einbeziehung des motorisierten Individualverkehrs in ein deutsches CO_2-Emissionshandelssystem." Diplomarbeit, TU Berlin und Öko-Institut Freiburg.

Deutsche Bundesregierung (2002): „Perspektiven für Deutschland. Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung." Berlin. http://www.dialog-nachhaltigkeit.de

Deutscher Bundestag (1999): Bericht des Ausschusses für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung: „Forschungs- und Technologiepolitik für eine nachhaltige Entwicklung". BT-Drs. 14/571 vom 18. April 1999. Berlin.

Deutscher Bundestag (2000): Antrag der Fraktionen SPD, CDU/CSU, BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN und F.D.P.: Einsetzung einer Enquete-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und der Liberalisierung." BT-Drs. 14/2687 vom 15. Februar 2000. Berlin.

Deutscher Bundestag (2001): Große Anfrage der Abgeordneten Ursula Burchardt u. a.: „Bildungs- und Forschungspolitik für eine nachhaltige Entwicklung." BT-Drucksache 14/6022 vom 09. Mai 2001. Berlin.

DEWI (2001) (Deutsches Windenergie-Institut): „Weiterer Ausbau der Windenergienutzung im Hinblick auf den Klimaschutz." Forschungsvorhaben im Auftrag des BMU. Wilhelmshaven.

Diaz-Bone, H. u. a. (2001): „Flexible Instrumente der Klimapolitik im Verkehrsbereich." Ergebnisbericht der Vorstudie, im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Verkehr des Landes Baden-Württemberg. Heidelberg, Mannheim, Stuttgart.

DIfU (1997) (Deutsches Institut für Urbanistik): „Klimaschutz in Kommunen. Leitfaden zur Erarbeitung und Umsetzung kommunaler Klimakonzepte." Hrsg. von Annett Fischer, Carlo Kallen. Bd.18. Berlin.

DIW (2001a) (Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung): „Entwicklung eines Quotenmodells zur Förderung des Ausbaus ökologisch effizienter Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) im liberalisierten Strommarkt mit Anlagen- und Zielmengenzertifizierung und Handelbarkeit." Berlin.

DIW (2001b): „Die gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen der ökologischen Steuerreform." Gutachten im Auftrag des Bundesministeriums für Finanzen. Berlin.

DIW/IFW (1999) (Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung/Institut für Weltwirtschaft): „Kriterien und Vorschläge für einen Subventionsabbau – Kurzexpertise zur Strukturberichterstattung an den Bundesminister für Wirtschaft." DIW Diskussionspapier Nr. 181. Berlin.

Doctor, R. D. u. a. (2001): „Transporting Carbon Dioxide Recovered from Fossil-Energy Cycles." In: Williams, D. J. u. a. (Hrsg.): „Greenhouse Gas Control Technologies. Proceedings of the Fifth International Conference on Greenhouse Gas Technologies (GHGT)." Collingwood, S. 567 bis 571.

DOE (1998) (U.S. Department of Energy): „Carbon Sequestration Research and Devolopment." Washington, D. C.

DOE (1999): „Market-based Advanced Coal Power Systems." Final Report, DOE/FE-0400. Washington, D. C.

Dones, R. u. a. (1996): „Environmental Inventories for Future Electricity Supply Systems for Switzerland." PSI Report No. 96-0. Würenlingen,Villigen.

Drasdo, P. (2000): „Endlagerung radioaktiver Abfälle. Ein europäischer Organisations- und Kostenvergleich." Schriften des Energiewirtschaftlichen Instituts Nr. 54. München.

Dreher, C., E. Schirrmeister (2000): „Der lange Weg zur Kreislaufwirtschaft - Mitteilungen aus der Produktionserhebung des FhG-ISI." Nr.18. Karlsruhe.

DSD (1996) (Duales System Deutschland): „Wertstoffrecycling in Zahlen – Techniken und Trends: Daten und Fakten zum Grünen Punkt." 4. aktualisierte Aufl., Köln.

DTI (1999) (Department of Trade and Industry): „Supercritical Steam Cycles for Power Generation Appliances." Technology Status Report, TSR 009, London.

DTI (2000a): „Fluidised Bed Combustion Systems for Power Generation and other Industrial Application." Technology Status Report, TSR 011, London.

DTI (2000b): „Carbon Dioxide Capture and Storage." Technology Status Report, TSR 013, London.

Dumont, U., A. Brown (1997): „Technik und Chancen der kleinen Wasserkraft." In: „Moderne Technik im Dienst von Mensch und Umwelt." Dokumentation, 2. Hürtgenwalder-Öko-Tech-Tage, 31. Mai/1. Juni 1997.

E3M-Lab (1999): „European Union Energy Outlook to 2020." Energy in Europe, Special Issue. Luxemburg.

EAT (2001): „Domestic CHP. What are the potential benefits? A scoping study to examine the benefits and impacts of domestic scale CHP in the UK." Report for Energy Saving Trust. Project No: T3775. Capenhurst.

Ebel, W., W. Eicke-Hennig, W. Feist, H.-M. Groscurth (1995): „Einsparungen beim Heizwärmebedarf – ein Schlüssel zum Klimaproblem." Institut für Wohnen und Umwelt, Darmstadt.

Ebel, W., W. Eicke-Hennig, W. Feist, H.-M. Groscurth (1996): „Der zukünftige Heizwärmebedarf der Haushalte." IWU, Darmstadt.

Ecofys/AEA (2001): „Economic Evaluation of Sectoral Emission Reduction Objectives for Climate Change. Bottom-up Analysis of Emission Reduction Potentials and Costs for Greenhouse Gases in the EU." Utrecht.

ECSS (2001) (Emirates Center for Strategic Studies): „Caspian Energy Resources: Implications for the Arab Gulf.“ Abu Dhabi.

EIA (1998) (Energy Information Administration): „International Energy Outlook 1998.“ hier: „Hydroelectricity and other renewable resources.“ DOE/EIA-0484(98), Washington, D. C., http://www.eia.doe.gov

EIA (1999): „World Oil Transit Chokepoints.“ Washington, http://www.eia.doe.gov

EIA (2001) : „International Energy Outlook 2001.“ Washington, http://www.eia.doe.gov

Eisendle, R., E. Miklautz (Hrsg.) (1999): „Produktkulturen. Dynamik und Bedeutungswandel des Konsums.“ Frankfurt am Main, New York.

Engelsberger, M., A. Zeller (1999): „Welchen Beitrag kann die Wasserkraft zur Energieversorgung leisten?“ Solarzeitalter 2/99, S. 24 bis 28.

Enquete (1990): Enquete-Kommission „Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre: Eine Bestandsaufnahme mit Vorschlägen zu einer neuen Energiepolitik“ des 11. Deutschen Bundestages. Dritter Bericht, BT-Drs. 11/8030. Bonn.

Enquete (1995): Enquete-Kommission “Schutz der Erdatmosphäre: Mehr Zukunft für die Erde – Nachhaltige Energiepolitik für dauerhaften Klimaschutz“ des 12. Deutschen Bundestages. Schlussbericht, BT-Drs. 12/8600. Bonn.

Enquete (1998): Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt: Ziele und Rahmenbedingungen einer nachhaltig zukunftsverträglichen Entwicklung“ des 13. Deutschen Bundestages. Abschlussbericht, BT-Drs. 13/11200. Bonn.

Enquete (2001a): Enquete-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und Liberalisierung: Nachhaltige Energieversorgung auf liberalisierten und globalisierten Märkten – Bestandsaufnahme und Ansatzpunkte“ des 14. Deutschen Bundestages. Erster Bericht, BT-Drs. 14/7509. Berlin.

Enquete (2001b): Enquete-Kommission „Globalisierung der Weltwirtschaft: Herausforderungen und Antworten“ des 14. Deutschen Bundestages. Zwischenbericht, BT-Drs. 14/6910. Berlin.

Espey, S. (2001): „Internationaler Vergleich energiepolitischer Instrumente zur Förderung von regenerativen Energien in ausgewählten Industrieländern.“ Bremen.

Eurelectric (2002): „GETS 3 – Greenhouse Gas and Energy Trading Simulations.“ Final Report. Oxford.

Europäische Union (1995): „ExternE: Externalities of Energy. Volume 2 - 6.“ EUR 16521 bis 16525 EN, Office for Official Publication of the European Communities. Luxemburg.

Europäische Union (1997a): „Energie für die Zukunft – erneuerbare Energieträger. Weißbuch für eine Gemeinschaftsstrategie und Aktionsplan.“ Brüssel.

Europäische Union (1997b): „Beschluss 98/181/EG, EGKS, EURATOM des Rates und der Kommission vom 23. September 1997 über den Abschluss des Vertrags über die Energiecharta und des Energiechartaprotokolls über Energieeffizienz und damit verbundene Umweltaspekte durch die Europäischen Gemeinschaften.“ Brüssel.

Europäische Union (1998): „ExternE: Externalities of Energy. Volume 7 – 10.“ EUR 19083 EN, EUR 18836 EN, EUR 18887 EN, EUR 18528 EN, Office for Official Publication of the European Communities. Luxemburg.

Europäische Union (2000a): „Grünbuch zum Handel mit Treibhausgasemissionen mit der Europäischen Union.“ KOM(2000)87endg. Europäische Kommission. Brüssel.

Europäische Union (2000b): „Mitteilung der Kommission an den Rat und das Europäische Parlament – Die Entwicklungspolitik der Europäischen Gemeinschaft.“ KOM(2000)212endg. Brüssel.

Europäische Union (2000c): „Mitteilung der Kommission an den Rat, das Europäische Parlament, den Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen – Aktionsplan zur Verbesserung der Energieeffizienz in der Europäischen Gemeinschaft.“ KOM(2000)247endg. Brüssel.

Europäische Union (2000d): „Vorschlag für eine Richtlinie zur Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen im Elektrizitätsbinnenmarkt durch das Parlament.“ KOM(2000)279. Europäische Kommission. Brüssel.

Europäische Union (2000e): „Mitteilung der Kommission an den Rat, das Europäische Parlament, den Wirtschafts- und Sozialausschuss, den Beratenden Ausschuss der EGKS und den Ausschuss der Regionen – Zukunft des strukturierten Dialogs nach dem Auslaufen des EGKS-Vertrags.“ KOM(2000)588endg. Brüssel.

Europäische Union (2000f): „Hin zu einer europäischen Strategie für Energieversorgungssicherheit.“ Grünbuch. KOM(2000)769endg. Europäische Kommission. Brüssel.

Europäische Union (2001a): „Mitteilung an den Rat, das europäische Parlament, den Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen über alternative Kraftstoffe für den Straßenverkehr und ein Bündel von Maßnahmen zur Förderung der Verwendung von Biokraftstoffen.“ KOM(2001)54endg. Brüssel.

Europäische Union (2001b): „Mitteilung der Kommission an den Rat und das Europäische Parlament – Vollendung des Energiebinnenmarktes.“ KOM(2001) 125endg. Brüssel.

Europäische Union (2001c): „Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates zur Änderung der Richtlinien 96/92/EG und 98/307EG über gemeinsame Vorschriften für den Elektrizitätsbinnenmarkt und den Erdgasmarkt.“ KOM(2001) 125. Europäische Kommission. Brüssel.

Europäische Union (2001d): „Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates zur Änderung der Richtlinien 96/92/EG und 98/30/EG über gemeinsame Vorschriften für den Elektrizitätsbinnenmarkt und den Erdgasbinnenmarkt.“ KOM(2001)125-2endg. Brüssel.

Europäische Union (2001e): „Vorschlag für eine Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates über die Netzzugangsbedingungen für den grenzüberschreitenden Stromhandel.“ KOM(2001)125-3endg. Brüssel.

Europäische Union (2001f): „Vorschlag für eine Verordnung des Rates über staatliche Beihilfen für den Steinkohlenbergbau.“ KOM(2001)423endg. ABl. der Europäischen Gemeinschaft C 304 E vom 30. Oktober 2001. Brüssel, S. 202 bis 207.

Europäische Union (2001g): „Mitteilung der Kommission über die Durchführung der ersten Phase des Europäischen Programms zur Klimaänderung (ECCP).“ KOM(2001)580endg. Brüssel.

Europäische Union (2001h): „Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über ein System für den Handel mit Treibhausgasemissionsberechtigungen in der Gemeinschaft und zur Änderung der Richtlinie 96/61/EG des Rates.“ KOM(2001)581endg. Brüssel.

Europäische Union (2001i): „Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament und den Rat – Europäische Energieinfrastruktur.“ KOM(2001)775endg. Brüssel.

Europäische Union (2001j): „Richtlinie 2001/77/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. September 2001 zur Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen im Elektrizitätsbinnenmarkt.“ ABl. der Europäischen Gemeinschaft L 283 vom 27. Oktober 2001. Brüssel, S. 33 bis 40.

Europäische Union (2001k): “Richtlinie 2001/80/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2001 zur Begrenzung von Schadstoffemissionen von Großfeuerungsanlagen in die Luft.“ ABl. der Europäischen Gemeinschaft L 309 vom 27. November 2001. Brüssel, S. 1 bis 21.

Europäische Union (2001l): „Richtlinie 2001/81/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2001 über nationale Emissionshöchstmengen für bestimmte Luftschadstoffe.“ ABl. der Europäischen Gemeinschaft L 309 vom 27. Oktober 2001. Brüssel, S. 22 bis 30.

Europäische Union (2001m): „Erster Bericht über die Verwirklichung des Elektrizitäts- und Erdgasbinnenmarktes.“ Arbeitsdokument der Kommissionsdienststellen. Europäische Kommission. Brüssel.

Europäische Union (2001n): „Erster Benchmarkingbericht über die Verwirklichung des Elektrizitäts- und Erdgasbinnenmarktes (aktualisierte Version).“ SEC 2001. Europäische Kommission. Brüssel.

Europäische Union (2001o): „Eine Strategie für nachhaltige Entwicklung (26. Die globale Dimension).“ In: „Schlussfolgerungen des Vorsitz des EU-Rats.“ Göteborg.

Europäische Union (2001p): „The European Parliament and the Euratom Treaty: past, present and future.“ Working Paper. Directorate-General for Research. Energy and Research Series ENER 114 EN. Luxemburg.

Europäische Union (2001q): „Bericht über die nukleare Sicherheit im Kontext der Erweiterung.“ Dokument 9181/01. Brüssel.

Europäische Union (2001r): „Mitteilung der Kommission an den Rat, das Europäische Parlament, den Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen über alternative Kraftstoffe für den Straßenverkehr und ein Bündel von Maßnahmen zur Förderung der Verwendung von Biokraftstoffen.“ KOM (2001)547endg. Brüssel.

Europäische Union (2002a): „Mitteilung der Kommission – Ein Projekt für die Europäische Union.“ KOM (2002)247endg. Brüssel.

Europäische Union (2002b): In der Sitzung vom Mittwoch 13. März 2002 angenommene Texte. PE 314.908, S. 29 bis 95.

Eurosolar (1993): „Das Potential der Sonnenenergie in der EU.“ Bonn.

EWEA (2000) (European Wind Energy Association): „Wind Force 10. A Blueprint to achieve 10 % of the World’s Electricity from Wind Power by 2020.“ Brüssel.

FEES (2002) (Forum für Energiemodelle und Energiewirtschaftliche Systemanalysen in Deutschland): „Energiemodelle zum Kernenergieausstieg in Deutschland: Effekte und Wirkungen eines Verzichts auf Strom aus Kernkraftwerken.“ Reihe Umwelt und Ökonomie Nr. 34, Physika Verlag, Heidelberg.

Feldmann, W. (2001): Stellungnahme bei der Anhörung A am 20. November 2001.

Flaschke, T. u. a. (1997): „Sensorsysteme für das intelligente Haus. Mikrosystemtechnik.“ Chemnitz.

Fleig, J. (Hrsg.) (2000): „Zukunftsfähige Kreislaufwirtschaft. Mit Nutzenverkauf, Langlebigkeit und Aufarbeitung ökonomisch und ökologisch wirtschaften.“ Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart.

Fleisch, T. H., T. Quigley (2000): „Technologies for the Gas Economy.“ Paper presented at Energy Frontiers International Members Conference „Gas to Market Options“, San Francisco, CA.

Fleischer, T. u. a. (2000): „Elemente einer Strategie für eine nachhaltige Energieversorgung“ – Vorstudie, TAB Arbeitsbericht Nr. 69, Dezember 2000.

Fletcher, K., H. Bradke, Ch. Schmid u. a. (1999): „Detailed Modelling of the priority of industrial energy efficiency technologies for Europe.“ European Commission DG XVII. Brüssel.

Fridleifsson, I.B. (1999, 2001): „Direct use of geothermal energy around the world.“ Erstellt in 1999, aktualisiert in 2001.

Friedrich, A. (2001): Stellungnahme bei der Anhörung am 6. Dezember 2001.

Friedrich, R., P. Bickel (2001): „Estimation of External Costs Using the Impact-Pathway-Approach. Results from the ExternE project series.“, TA-Datenbank-Nachrichten, Nr. 3, 10. Jg., September 2001.

Friedrich, R., P. Bickel, W. Krewitt (Hrsg.) (1998): „External Costs of Transport. Final Report of the project ExternE Transport – External Costs of Transport.“ Forschungsberichte des Instituts für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Band 46, Stuttgart.

Frielingsdorf, J. (1999): „Bürotechnik und Nutzerverhalten energetisch optimieren.“ Energieagentur NRW. Wuppertal.

Frischknecht, R. (Hrsg.) (1996): „Ökoinventare von Energiesystemen – Grundlagen für den ökologischen Vergleich von Energiesystemen und den Einbezug von Energiesystemen in Ökobilanzen für die Schweiz.“ 3rd. Ed., ETHZ/PSI, Zürich.

FZ-Jülich (1999): „Politikszenarien für den Klimaschutz.“ Untersuchungen im Auftrag des Umweltbundesamtes – Herausgegeben von G. Stein und B. Strobel. Band 5: „Szenarien und Maßnahmen zur Minderung von CO_2-Emissionen in Deutschland bis 2020.“ Schriften des Forschungszentrums Jülich. Reihe Umwelt, Band 5.

FZK, DLR, FhG, FZJ, UFZ (2002) (Forschungszentrum Karlsruhe, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Fraunhofer-Gesellschaft, Forschungszentrum Jülich, Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle): „Global zukunftsfähige Entwicklung – Perspektiven für Deutschland.“ Zwischenbericht 2001. Strategiefondsprojekt der Helmholtz-Gesellschaft. Förderkennzeichen: 01SF9913/4, Karlsruhe.

Gebers, B. u. a. (1995): „Revision of the European Treaties in the Energy Sector.“ Darmstadt.

Geiger, B. E. Gruber, W. Megele (1999): „Energieverbrauch und -einsparung in Gewerbe, Handel und Dienstleistung.“ Schriftenreihe „Technik, Wissenschaft und Politik“ des Fraunhofer-Institutes für Systemtechnik und Innovationsforschung, Nr.36. Physica-Verlag, Heidelberg.

Geiger, B., H. Lindhorst (2000): „Energieverbrauch der Bundesrepublik Deutschland.“ VDI-GET: „Jahrbuch 2000 Energietechnik.“ S. 243 bis 262.

Gerling, P., F. May (2001): Persönliche Mitteilung an die Enquete-Komission „Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und der Liberalisierung.“ des 14. Deutschen Bundestages, Hannover.

Giegrich, J., A. Detzel (1998): „Ökologischer Vergleich graphischer Papiere.“ Endbericht an das Umweltbundesamt. Ifeu-Institut, Heidelberg.

Gleich, M. (1998): „Mobilität – Warum sich alle Welt bewegt.“ Hoffmann und Campe, Hamburg.

Goldemberg, J., T. B. Johansson (1995): „Energy as an Instrument for Socio-Economic Development.“ UNDP, New York.

Göttlicher, G. (1999): „Energetik der Kohlendioxidrückhaltung in Kraftwerken.“ VDI-Verlag, Düsseldorf.

Gottschalk-Mazouz, N. u. a. (2001): „Untersuchung zur Nachhaltigkeit der Kernenergienutzung.“ Ergebnisbericht zum Vorhaben SR 2404 im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Stuttgart.

Green, M. A., K. Emery, D. L. King, S. Igari (2000): „Solar Cell Efficiency Tables (Version 15).“ Progress in Photovoltaics Vol. 8, Nr. 1, S. 187 bis 195.

Green, M. A. (2002): „Solarzellen der 3. Generation.“ PHOTON Heft 32/2002.

Greenpeace (1997): „Energy Subsidies in Europe.“ Analysis for Greenpeace International by Vrije University, Amsterdam.

Greenpeace, EPIA (2001) (Greenpeace, European Photovoltaic Industry Association): „Solar Generation. Solar Electricity for over 1 Billion People and 2 Million Jobs by 2020.“ Brüssel.

GRS (1998) (Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit mbH): „Reaktorsicherheit in Osteuropa. Eine Zwischenbilanz der Förderung durch die Bundesrepublik Deutschland.“ Köln.

Hall, D. O. u. a. (1993): „Biomass for energy: supply prospects.“ In: Johansson, T.B. (Hrsg.): „Renewable Energy Sources for Fuels and Electricity.“ Island Press, Washington, D. C.

Hassmann, K. (2001): Stellungnahme bei der Anhörung B am 20. November 2001.

Hauff, V. (1987): „Unsere gemeinsame Zukunft. Der Brundtland-Bericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung.“ Greven.

Hein, W. (2001): Stellungnahme bei der Anhörung am 19. November 2001.

Hein, W., T. Fischer (2002): „Techologiepotentiale und -ziele aus Sicht der Forschung.“ BMWi-Symposium „Wege zum emissionsfreien fossilen Kraftwerk.“, Berlin, 5./6. Februar 2002 (Tagungsband).

Heinloth, K. (1997): „Die Energiefrage: Bedarf und Potentiale, Nutzung, Risiken und Kosten.“ Verlag Vieweg, Braunschweig, Wiesbaden.

Hekkert, M. P., D. Gielen, E. Worrell, W. C. Turkenburg (2001): „Wrapping Up GHG Emissions: An Assessment of Greenhouse Gas Emission Reduction Related to Efficient Packaging Use.“ Journal Of Industrial Ecology, Vol. 5, Nr. 1, 2001.

Hendriks, C. A. u. a. (2001): „Costs of Carbon Dioxide Removal by Underground Storage.“ In: Williams, D. J. u. a. (Hrsg.): „Greenhouse Gas Control Technologies.“ Proceedings of the Fifth International Conference on Greenhouse Gas Technologies (GHGT). CSIRO: Collingwood, S. 967 bis 972.

Hennicke, P., E. U. v. Weizsäcker (Hrsg.) (2002): „Quantensprünge zur Ökoeffizienz. Zwanzig Beispiele für das 21. Jahrhundert.“ S. Hirzel Verlag, Stuttgart.

Hessisches Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten (2001a): „Energieeinsparung an Fenstern und Außentüren.“ Energiesparinformationen Nr.1. Bearbeiter: Feist, W., W. Eicke-Henning. Wiesbaden.

Hessisches Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten (2001b): „Energiesparen bei Heizung und Strom. Wissenswertes für Mieterinnen und Mieter.“ Energiesparinformationen Nr. 5, Bearbeiter: Feist, W., Wiesbaden.

Heyde, M., T. Nürrenbach, (1999): „Kunststoffeinsatz im Automobilbau – Abschätzung zu Auswirkungen auf den Primärenergiebedarf und klimarelevante Emissionen.“ Freising.

Hill, R., N. M. Pearsall, P. Claiden (1992): „The Potential Generating Capacity of PV-Clad Building in the UK“. Photovoltaics Applications Centre University of Northumbria, Newcastle.

Hockerts, K. (Hrsg.) (1995): „Kreislaufwirtschaft statt Abfallwirtschaft. Optimierte Nutzung und Einsparung von Ressourcen durch Ökoleasing und Service Konzepte.“ Schriften der Bayreuther Initiative für Wirtschaftsökologie, Ulm.

Hohmeyer, O. (2002): „Vergleich externer Kosten der Stromerzeugung in Bezug auf das Erneuerbare-Energien-Gesetz.“ Gutachten im Auftrag des UBA, Flensburg.

Holloway, S. (Hrsg.) (1996): „The underground disposal of carbon dioxide.“ Final report of Joule II project No. CT92-0031. British Geological Survey, Nottingham.

Huttrer, G.W. (2001): „The Status of World Geothermal Power Generation 1995-2000.“ Elsevier Science, Ltd., Oxford.

IEA (1998) (International Energy Agency): „Carbon Dioxide Capture from Power Stations.“ Technical Report of the IEA Greenhouse Gas R&D Programme. Cheltenham.

IEA (1999a): „District Cooling, Balancing the Production and Demand in CHP.“ Report im Rahmen des Annex V des IEA District Heating and Cooling Programms. Sittard.

IEA (1999b): „The Evolving Renewable Energy Market.“ Paris.

IEA (2000a): „World Energy Outlook 2000.“ Paris.

IEA (2000b): „Experience Curves for Energy Technology Policy.“ Paris.

IEA (2000c): „District Heating and Cooling: An Implementation Technology for the 21st Century.“ Policy Paper des IEA District Heating and Cooling Programms. Sittard.

IEA (2001): „Key World Energy Statistics.“ Paris.

IEA (2001b) „Things That Go Blip in the Night. Standby Power and How to Limit it.“ Paris.

IER (2001) (Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung der Universität Stuttgart): „Bestandsanalyse der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) in der Bundesrepublik Deutschland.“ Gutachten im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie. Stuttgart.

IER (2002): „Analyse nachhaltiger Entwicklungen der Energieversorgung in Deutschland und ihre Auswirkungen auf Bayern mit besonderer Berücksichtigung der Konsequenzen eines Kernenergieausstiegs.“ Stuttgart.

IIASA (2000) (The International Institute for Applied Systems Analysis): „Energy Technology Strategies for Carbon Dioxide Mitigation and Sustainable Development.“ Environmental Economics and Policy Studies. Laxenburg.

IIED (1995) (International Institute for Environment and Development): „Towards a Sustainable Paper Cycle.“ London.

IIP (2001) (Institut für Industriebetriebslehre und Industrielle Produktion): „Vergleichender Überblick über energiepolitische Instrumente und Maßnahmen im Hinblick auf ihre Relevanz für die Realisierung einer nachhaltigen Energieversorgung.“ Bearbeiter: Rentz, O. u. a., Karlsruhe.

IJHD (1998) (The International Journal on Hydropower and Dams): 2Annual Survey - Asia.“

IKARUS-Datenbank (1999): „IKARUS-Datenbank Version 3.1.“ Fachinformationszentrum Karlsruhe.

IMS (2001) (Fraunhofer-Institut für Mikroelektronische Schaltungen und Systeme): „Projekt Innovationszentrum Intelligentes Haus Duisburg.“ inHaus-Projekt, Duisburg.

Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie, Ministerium für Wirtschaft und Mittelstand, Energie und Verkehr Nordrhein-Westfalen (2001): „Vorsorgender Klimaschutz durch nachhaltige Effizienzsteigerung in allen Bereichen des Energiesystems.“

INFRAS/IWW (2000) (INFRAS/Institut für Wirtschaftspolitik und Wirtschaftsforschung der Universität Karlsruhe): „External Costs of Transport.“ Studie im Auftrag der International Union of Railways (UIC), Paris. Zürich, Karlsruhe.

Institut Universitaire Européen (2000): „Reorganisation of the Treaties.“ Final Report. Florenz.

IPCC (1999) (Intergovernmental Panel on Climate Change): „Aviation and the Global Atmosphere.“ A Special Report of IPCC Working Groups I and III. Cambridge.

IPCC (2000a): „Emissions Scenarios. Summary for Policymakers.“ A Special Report of IPCC Working Group III. Cambridge.

IPCC (2000b): „Methodological and Technological Issues in Technology Transfer.“ A Special Report of IPCC Working Group III. Summary for Policymakers. Cambridge.

IPCC (2001a): „Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability.“ Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge.

IPCC (2001b): „Climate Change 2001: Mitigation.“ A Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Accra.

IPTS (2000) (Institute for Prospective Technological Studies): „Preliminary Analysis of the Implementation of an EU-wide Permit Trading Scheme on CO_2 Emissions Abatement Costs. Results from the POLES Model.“ Sevilla.

ISET (2001) (Institut für Solare Energieversorgungstechnik): „Windenergie Report Deutschland 2001.“ Kassel.

ISI (1998) (Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung): „Vernetzungspotenziale von Unternehmen der Technologieregion Karlsruhe zur Schließung von Energie- und Stoffströmen.“ Bearbeiter: Hiessel, H., M. Schön u. a., ISI-Bericht, Karlsruhe.

ISI (2000): „Ökoeffizienz. Eine Checkliste für das moderne Umweltmanagement.“ Karlsruhe.

ISI/ÖI/TU München (2000) (ISI/Öko-Institut/TU München): „Climate protection by reducing the emission of greenhouse gases in households and the tertiary sector through climate-conscious behaviour“, Bearbeiter: Böde, U. u. a. Umweltforschungsplan des BMU, Berichtsnummer 204 01 120.

IUCT, ISI, Norbert von Thienen Consulting (2000) (Fraunhofer-Institut für Umweltchemie und Ökotoxikologie, Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung und Norbert von Thienen Consulting im Auftrag der Energie- und Wasserwerke Rhein-Neckar AG (RHE), Mannheim und der GML Abfallwirtschafts-Gesellschaft mbH, Ludwigshafen): „Ökobilanzieller Vergleich der energetischen Verwertung von Kunststoffen mit Verfahren des rohstofflichen Recyclings für den Raum Mannheim/Ludwigshafen.“ Unveröffentlichter Endbericht, Schmallenberg, Karlsruhe, Seevetal.

IWR (2001) (Internationales Wirtschaftsforum Regenerative Energien): „Onlinedatenbank des Internationalen Wirtschaftsforum Regenerative Energien (IWR)“. http://www.iwr.de

IWU (1989) (Institut für Wohnen und Umwelt): „Altbaumodernisierung und -sanierung bei Wohngebäuden“ Studie i. A. der Enquete-Komission „Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre“, Bearbeiter: Ebel, W., W. Eicke, W. Feist, O. Hildebrandt, H.-P. Hilpert, J. Klien, W. Kröning, H. Schmidt, B. Seipe, U. Wullkopf. Darmstadt.

Izaguirre, A. K. (2000): „Private participation in energy.“ In: The World Bank, Energy Sector Management Assistance Programme: „Energy and Development Report 2000.“ Washington, D. C., S. 108 bis 122.

Jahnke, J. (2001): Stellungnahme bei der Anhörung am 19. November 2001.

Jänicke, M. (1997): „The Role of MFA and Resource Managment in National Environmental Policies.“ In: Bringezu, S. u. a. (Hrsg.): Proceedings of the ConAccount Conference 11./12. September 1997, S. 68 bis 72.

Jochem, E. (1999): „Energy Efficiency – the Focus for Transition from an Energy Supply to an Energy Service Policy.“ In: DIW-Wochenbericht 8/99, S. 449 bis 469.

Jochem, E. (2000): „End-Use Energy Efficiency.“ In: UNDP u. a. (Hrsg.): „World Energy Assessment.“ New York.

Jochem, E. u. a. (1978): „Energieverbrauch und Möglichkeit rationeller Energienutzung in der verarbeitenden Industrie.“ Karlsruhe.

Jochem, E., H. Bradke u. a. (1996): „Energieeffizienz, Strukturwandel und Produktionsentwicklung der deutschen Industrie“ IKARUS: Instrumente für Klimagasreduktionsstrategien. Abschlussbericht Teilprojekt 6 „Industrie.“ Monographien des Forschungszentrums Jülich, Bd. 19, Jülich.

Jochem, E., J. Reichert (1999): „Perspectives of Labelling and Standards of Electric Motors in Europe.“ 2nd international conference of energy efficiency in motor driven systems – EEMODS, UK, 20. bis 22. September, London.

Joosten, L. A. J. u. a. (1999): „STREAMS: A New Method for Analysing Material Flows Through Society.“ Resources, Conservation and Recycling. 27/1999, S. 249 bis 266.

Jung, R., J. Baumgärtner, F. Rummel, H. Tenzer, T. Tran-Viet (1998): „Erfolgreicher Langzeit-Zirkulationstest im Europäischen HDR-Versuchsfeld Soultz-sous-Forêts.“ Geothermische Energie, 22/23, 6. Jahrgang, Heft 2/3, Dezember.

Junghänel, A. (1996): „Energieeinsatz bei der Herstellung von Asphalt in den letzten 30 Jahren.“ Asphalt 8/96, S. 2.

Kaltschmitt, M., A. Wiese (1997): „Erneuerbare Energieträger in Deutschland – Potentiale und Kosten.“ Springer Verlag, Berlin.

Kaltschmitt, M., A. Wiese (1994): „Technische Einsparpotentiale, substituierbare End- und Primäräquivalente und Kosten erneuerbarer Energieträger in Deutschland.“ Zeitschrift für Energiewirtschaft, 1/1994.

Kaltschmitt, M., Ch. Rösch, L. Dinkelbach (Hrsg.) (1998): „Biomass Gasification in Europe.“ IER, Universität Stuttgart.

Kaltschmitt, M., D. Merten, D. Falkenberg (2002): „Regenerative Energien.“ BWK – Brennstoff-Wärme-Kraft, Bd. 54, Nr. 4, S. 66 bis 74.

Kaltschmitt, M., H. Hartmann (2001): „Energie aus Biomasse.“ Springer Verlag, Berlin.

KfW (2002a) (Kreditanstalt für Wiederaufbau): „Daten zum CO_2-Minderungsprogramm und zum CO_2-Gebäudesanierungsprogramm bis 2001.“ Frankfurt.

KfW (2002b): „KfW-Umweltprogramm. Investitionskredite für Umweltschutzmaßnahmen.“ Frankfurt.

Klaiß, H., F. Staiß (Hrsg.) (1992): „Solarthermische Kraftwerke für den Mittelmeerraum. Band 2: Energiewirtschaft, Solares Angebot, Flächenpotential, Laststruktur, Technik und Wirtschaftlichkeit.“ Springer-Verlag, Berlin.

Kleemann M., R. Heckler, G. Kolb, M. Hille (2000): „Die Entwicklung des Wärmemarktes für den Gebäudesektor bis 2050.“ Schriften des Forschungszentrums Jülich, Reihe Umwelt, Band 23.

Kleemann M. u. a. (2002): „Klimaschutz und Beschäftigung durch das KfW-Programm zur CO_2-Minderung und das KfW-CO_2-Gebäudesanierungsprogramm.“ Studie im Auftrag der Kreditanstalt für Wiederaufbau, unveröffentlicht. Jülich.

Klein, H. (2001): „KWKK: Ein Modul der Nachhaltigkeit? Eine Energieerzeugungsanlage auf der Basis von Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung.“ Brennstoff-Wärme-Kraft, 53/2001, Nr. 1/2, S. 51 bis 53.

Kolke, R. (1999): „Technische Optionen zur Verminderung der Verkehrsbelastungen. Brennstoffzellenfahrzeuge.“ Umweltbundesamt, Berlin.

Krauthauf, E., A. Stöckler (1999): „Altpapiereinsatz in höherwertigen graphischen Druckpapieren.“ Wochenblatt für Papierfabrikation, Nr. 1.

Krewitt, W. (1998): „Health Risks of Energy Systems.“ Risk Analysis, Vol. 18, Nr. 4, S. 377 bis 384.

Krewitt, W., Mayerhofer, P., Friedrich, R., Trukenmüller, A., Heck, T., Greßmann, A. (1997): „ExternE – Externalities of Energy. National Implementation in Germany.“ Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung; European Commission Directorate General XII.

Kristof, K., T. Hanke, S. Lechtenböhmer (1998): „Umsetzungsorientiertes Energiekonzept mit ökologischem Schwerpunkt für die Kreisstadt Bad Hersfeld.“ Endbericht, Arbeitspaket 1. Wuppertal Institut. Wuppertal.

Kroh, W. (2001): Stellungnahme bei der Anhörung am 19. November 2001.

Kruska, M. (2001): Stellungnahme bei der Anhörung A am 20. November 2001.

Kübler, K. (2001): „Glanz und Elend quantitativer Ziele in der Energiepolitik: zur aktuellen Situation in der Europäischen Gemeinschaft.“ Zeitschrift für Energiewirtschaft Bd. 25, Nr. 1, S. 67 bis 71.

Kühr, B. (1999): „Installations-Bus-Systeme unter dem Aspekt der Energieeinsparung.“ Impulsprogramm Hessen.

Kuntze, U. u. a. (1999): „Innovationswirkungen ausgewählter Beispiele des Ordnungsrechts im Bereich der Umweltpolitik.“ In: Walz, R., U. Kuntze (Hrsg): „Ordnungsrecht, Abgaben und Innovationen: Ausgewählte Beispiele im Umweltbereich“, S. 13 bis 104.

Langrock, T., R., Petersen, K., Schallaböck (2001): „Bedeutung der klimawirksamen Emissionen des Pkw-Verkehrs und Bewertung von Minderungsstrategien.“ Wuppertal.

LBS (2000) (Ludwig Bölkow Systemtechnik): „Alternative Kraftstoffe aus erneuerbaren Energien: Technik – Kosten – Potentiale.“ Alternative Kraftstoffe aus erneuerbaren Energien für den Straßenverkehr, 9. Sitzung des Arbeitskreises Zukunftsenergien. Friedrich Ebert Stiftung. Berlin.

Lehmann, H., T. Reetz (1995): „Zukunftsenergien, Strategien einer neuen Energiepolitik.“ Birkhäuser Verlag, Basel.

Leprich, U., W. Irrek, S. Thomas (2001): „Das ‚Multiple Driver Cap Scheme‘ als Basis einer schlanken Anreizregulierung der Netzbetreiber im liberalisierten Strommarkt.“ Zeitschrift für Energiewirtschaft, 4/2001, S. 231 bis 241.

Leprich, U. u. a. (2000): „Ausgewählte Instrumente zur Förderung rationeller Energienutzung.“ Solarzeitalter, 12. Jg, S. 26 bis 33.

Linz, M., P. Hennicke (2002): „Effizienz – Suffizienz – Gutes Leben.“ unveröffentlicht, Wuppertal.

Linz, M. (1994): „Der aufgeklärte Eigennutz.“ Baden-Baden.

Lovins, A. (1996): „Hypercars – the next industrial revolution.“ Snowmass, Colorado.

Lovins, A., P. Hennicke (1999): „Voller Energie. Vision: Die globale Faktor Vier-Strategie für Klimaschutz und Atomausstieg.“ Frankfurt a. M., New York.

Lund, J. W. (2000): „World status of geothermal energy use overview 1995 – 1999.“ Klamath Falls, Oregon (OR).

Lund, J. W., D.H. Freeston (2001): „World-wide Direct Uses of Geothermal Energy 2000“. Elsevier Science Ltd., Oxford.

Lymann, E. S. (2001): „The Pebble-Bed Modular Reactor (PBMR): Safety Issues.“ Physics and Society 30, No. 4, S. 1 bis 5.

Manning, R. A. (2000): „The Asian Energy Factor. Myth and Dilemmas of Energy, Security and the Pacific Future.“ A Council on Foreign Relations Book, New York.

Marheineke, T. (2002): „Lebenszyklusanalyse fossiler, nuklearer und regenerativer Stromerzeugungstechniken“. Dissertation in Vorbereitung. Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung. Stuttgart.

Marheineke, T. u. a. (2000): „Ganzheitliche Bilanzierung der Energie- und Stoffströme von Energieversor-

gungstechniken.“ IER-Forschungsbericht Band 74, Institut für Energiewirtschaft und rationelle Energieanwendung. Stuttgart.

Markert, K. (2001): „Verbändevereinbarung Strom II und Kartellrecht.“ Betriebs-Berater, 56. Jg., Heft 3/2001, S. 105 bis 110.

Markewitz, P., A. Nollen (1999): „Die Altersstruktur sowie Fortschreibung des deutschen Kraftwerksbestandes.“ VDI Berichte, Nr.1495, S. 83 bis 93.

Markewitz, P., S. Vögele (2002): „Kraftwerksüberkapazitäten in Deutschland.“ Energiewirtschaftliche Tagesfragen (52) Heft 1 bis 2, S. 36 bis 39.

Martinot, E. (2001): „Renewable energy investment by the World Bank.“ Energy Policy 29, S. 689 bis 699.

Matthes, F. C. (2001): „Ausgewählte Umsetzungsfragen einer Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung im Lichte der aktuellen energiewirtschaftlichen und energiepolitischen Rahmenbedingungen.“ Zeitschrift für Neues Energierecht 5/2001, Nr. 3, S. 155 bis 161.

Matthies, H. G. u. a. (1995): „Study of offshore wind energy in the EC: Joule I (Jour 0072).“ Germanischer Lloyd, Garrad Hassan and Partners und Windtest Kaiser-Wilhelm-Koog. Verlag Natürliche Energie, Brekendorf.

McDonald, A., L. Schattenholzer (2001): „Learning rates for energy technologies.“ Energy Policy 29, S. 255 bis 261.

Meadows D., D. Meadows, E. Zahn, P. Milling (1972): „Die Grenzen des Wachstums. Bericht des Club of Rome zur Lage der Menschheit.“ Aus dem Amerikanischen von H.-D. Heck. Dt. Verlagsanstalt, Stuttgart.

Mejkamp, R. (1994): „Service Products, a sustainable approach? A case study on Call-a-Car in the Netherlands.“ Paper presented at the Eco-Efficient Services Workshop, 18. bis 20. September 1994. Wuppertal Institut, Wuppertal.

Michael, K. (1997): „Niedrigenergiehäuser könnten bereits Standard sein.“ Sonnenenergie und Wärmetechnik 4/1997, S. 10 bis 11.

Moody-Stuart, M. u. a. (2001): „G8 Renewable Energy Task Force – Final Report.“ http://www.renewable-taskforce.org

Moreira, J. R., A. D. Poole (1993): „Hydropower and its Constraints.“ In: Burnham, L. (Hrsg.): „Renewable Energy; Sources for Fuels and Electricity.“ Island Press, Washington, D. C.

Moriya, K. u. a. (2001): „Devolopment Study of Nuclear Power Plants for the 21st Century.“ Hitachi Review Vol. 50, S. 61 bis 67.

Möschel, W. (2001): „Großfusionen im engen Oligopol. Fusionskontrolle am Beispiel der deutschen Stromwirtschaft.“ Der Betrieb, 19. Januar 2001, S. 131 bis 135.

Mügge, G. (1993): „Die Bandbreite des Heizenergieverbrauchs. Analyse theoretischer Einflußgrößen und praktischer Verbrauchsmessungen.“ Dissertation, TU Berlin. VDI Verlag, Düsseldorf.

MVV Energie AG (2002): „Erfahrungen mit 5 Jahren Liberalisierung des europäischen und deutschen Strommarktes.“ Mannheim.

MWV (2002) (Mineralölwirtschaftsverband): „Chancen und Risiken des Emissionshandels für Treibhausgase.“ MWV aktuell 3/2002, S. 2 bis 4.

Nakicenovic, N., A. Grübler, A. McDonald (1998): „Global Energy Perspectives.“ Cambridge University Press. Cambridge.

Nathani, C. (2002): „Modellierung des Strukturwandels beim Übergang zu einer materialeffizienten Kreislaufwirtschaft. Kopplung eines Input-Output-Modells mit einem Stoffstrommodell am Beispiel der Wertschöpfungskette Papier.“ Dissertation. Universität Oldenburg.

Nierhauve, B. (2000): „Die Einführung alternativer Kraftstoffe aus Sicht eines Tankstellenunternehmens.“ Alternative Kraftstoffe aus erneuerbaren Energien für den Straßenverkehr, 9. Sitzung des Arbeitskreises Zukunftsenergien. Friedrich Ebert Stiftung. Berlin.

Nipkow, J., W. Meyer (1999): „Felderprobung der Strom-spar-Kleinumwälzpumpe.“ Im Auftrag des Bundesamts für Energie. Basel.

Nitsch, J. (2001): „Perspektiven regenerativer Energien am Beispiel Deutschlands.“ Forschungszentrum Karlsruhe GmbH – Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS), TA-Datenbank-Nachrichten, 10. Jg., Nr. 3.

Nitsch, J. (2002): „Kraft-Wärme-Kopplung.“ Gutachten für den Wissenschaftlichen Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen. Stuttgart, 6. März 2002.

Nitsch, J., C.-J. Winter (Hrsg.) (1988): „Wasserstoff als Energieträger; Technik, Systeme, Wirtschaft.“ Berlin.

Nolden, A., I. Hensing, C. Riechmann, W. Schulz (1997): „Strompreisunterschiede zwischen Frankreich und Deutschland.“ Elektrizitätswirtschaft, Heft 20/1997, S. 1088 bis 1096.

Nordman, B. (1999): „Paper Thickness.“ Arbeitspapier. Lawrence Berkeley National Laboratory, Environmental Energy Technology Division. Juli 1999. http://eetd.lbl.gov/EA/BEA/Bnordman/thick.html

NTUA-E3M Lab (2000) (National Technical University of Athens E3M Lab): „The Economic Effects of EU-Wide Industry-Level Emission Trading to Reduce Greenhouse Gases. Results from PRIMES Energy Systems Model.“ Athen.

OECD (1998) (Organization for Economic Cooperation and Devolopment): „Projected Costs of Generating Electricity. Update 1998.“ Paris.

OECD (2000): „Reduction of Capital Costs of Nuclear Power Plants.“ Paris.

OECD (2001): „OECD Environmental Outlook.“ Paris.

Oertel, D., T. Fleischer (2000): „Brennstoffzellen-Technologie.“ Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag, TAB-Arbeitsbericht, Nr. 67. Berlin.

Ökoforum (2001): „Kritische Analyse des 6. Forschungsrahmenprogrammes der EU aus der Sicht der transdisziplinären Nachhaltigkeitsforschung.“ Frankfurt, Freiburg.

Öko-Institut (1997): „Marktübersicht Thermische Solaranlagen.“ Ökobuch Verlag, Staufen.

Öko-Institut (2001a): „Eckpunkte für ein Pflichtanteilsmodell für die Kraft-Wärme-Kopplung.“ Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Berlin.

Öko-Institut (2001b): „Gesetzentwurf mit Varianten für ein Pflichtanteilsmodell für die Kraft-Wärme-Kopplung.“ Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Berlin.

Öko-Institut (2001c): „Ausgestaltung eines Pflichtanteilmodells für die Kraft-Wärme-Kopplung.“ Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Berlin.

Öko-Institut u. a. (2001d): „Instruments and Options for Environmental Policy during the Accession Process of EU Associated Countries in the Area of Environment and Energy.“ UBA-Texte 42 bis 01. Berlin.

Öko-Institut (2002a): „Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung in einer Klimaschutzstrategie.“ Gutachten für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Berlin.

Öko-Institut (2002b): „Kennzeichnung von Strom. Von der anonymen Massenware zum unterscheidbaren Produkt.“ Berlin.

Öko-Institut (2002c): „Marktkonzentration im Bereich der Stromerzeugung in Europa, 1996 – 2000. Eine empirische Analyse.“ Berlin.

Öko-Institut (2002d): „Ausgestaltung eines Pflichtanteilsmodells für die Kraft-Wärme-Kopplung.“ Im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, in Kooperation mit Rechtsanwälte Becker Büttner Held, dem Lehrstuhl für Bürgerliches Recht, Handels-, Wirtschafts- und Europarecht der Humboldt Universität Berlin sowie der Forschungsstelle für Umweltpolitik der Freien Universität Berlin.

Opitz, P. (2001): Stellungnahme bei der Anhörung am 19. November 2001.

OTA (1995) (Office of Technology Assessment): „Environmental Policy Tools. A User's Guide.“ OTA-ENV-634, GPO Stock#052-003-01441-6, Washington D. C.

Pasche, M. (1992): „Nachhaltiges Wachstum durch Entkoppelung von der Umweltbelastung.“ In: Müller, U., M. Pasche, W. Irrek (1992): „Energiestrategien aus Sicht des Systemmanagements.“ Hannover.

Pasel, J., R. Peters, M. Specht (2000): „Methanol – Herstellung und Einsatz als Energieträger für Brennstoffzellen.“ In: Forschungsverbund Sonnenenergie (Hrsg.): „Themen 1999 – 2000. Zukunftstechnologie Brennstoffzelle.“ Berlin.

Patel, M. u. a. (1998): „Plastic streams in Germany – an Analysis of Production, Consumption and Waste Generation.“ Resource, Conservation and Recycling. 24/1998.

Patel, M., W. Eichhammer, E. Jochem, C. Knobloch (1998): „Process Data for 50 Chemical Intermediates.“ An Activity within the Framework of the International Network for Energy Demand Analysis: Industrial Sector (INEDIS). Karlsruhe.

Patel, M., E. Jochem, F. Marscheider-Weidemann, P. Radgen, H. Westergom, N. von Thienen, M. Heyde, T. Nürrenbach (1998): „C-STRÖME: Material- und Energieströme des nichtenergetischen Verbrauchs über den Lebenszyklus und CO_2-Minderung durch Produkte der Chemischen Industrie – Stand und Perspektiven.“ Zwischenbericht. Studie im Auftrag von BMBF, VCI, VKE und APME; in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung (Fh-IVV). Karlsruhe.

Patel, M., E. Jochem, F. Marscheider-Weidemann, P. Radgen, Peter, N. von Thienen (1999): „C-STRÖME: Abschätzung der Material- und Energie- und CO_2-Ströme für Modellsysteme im Zusammenhang mit dem nichtenergetischen Verbrauch, orientiert am Lebensweg – Stand der Szenarienbetrachtung. Band 1: Abschätzungen für das Gesamtsystem.“ Studie im Auftrag des BMBF und unter Mitwirkung von VCI, VKE und APME. Karlsruhe.

Patyk, A. (2000): „Umweltaspekte des Einsatzes von Brennstoffzellen und ihrer Energieträger.“ In: „Brennstoffzellen – effiziente Energietechnik der Zukunft.“ Tagung des Wirtschaftsministeriums Baden-Württemberg, 20./21. Juli 2000. Stuttgart.

Patyk, A. (2001): „Alternative Antriebe und Kraftstoffe aus ökologischer Sicht.“ IIR-Tagung Brennstoffzellenantrieb. Düsseldorf.

PCAST (1999) (President's Committee of Advisors on Science and Technology): „Powerful Partnerships: The Federal Role in International Cooperation on Energy Innovation.“ Washington, D. C.

Pehnt, M., J. Nitsch (2000): „Einsatzfelder und Marktchancen von Brennstoffzellen in der industriellen und öffentlichen Kraft-Wärme-Kopplung“, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Institut für Technische Thermodynamik, Abteilung Systemanalyse und Bewertung. Tagung des Wirtschaftsministeriums Baden Würtemberg in Friedrichshafen „Effiziente und umweltfreundliche Strom- und Wärmeerzeugung mit Brennstoffzellen.“, 20. Juli 2000.

Pershing, J. (2001): Stellungnahme bei der Anhörung am 19. November 2001.

Petersen, R., H. Diaz-Bone (1998): „Das Drei-Liter-Auto.“ Birkhäuser Verlag, Basel.

Pfahl, S. (2001): „Effizienz und Suffizienz als Determinanten von Nachhaltigkeit. Eine akteursbezogene Szenarioanalyse der Bedeutung des privaten Konsums für eine nachhaltige Entwicklung des Energieverbrauchs in Deutschland und weltweit.“ Dissertation. Universität Osnabrück.

Pfitzner, G., V. Schäfer (1994): „Berechnung von Heizungssystemen in Wohnbauten: Konventionelle Wärmeerzeuger.“ IKARUS, Teilprojekt 5: Haushalte und Kleinverbraucher. München, Jülich.

PIU (2002) (Cabinet Office Performance and Innovation Unit): „The Economics of Nuclear Power.“ PIU Energy Review Working Paper. London.

Porter, D. (1990): „US economic foreign aid: a case study of the United States Agency for International Development.“ New York.

Porter, M.E., C. van der Linde (1995a): „Green and Competitive: Ending the Stalemate.“ Harvard Business Review, Vol. 73, No. 5/1995, S. 120 bis 134.

Porter, M.E., C. van der Linde (1995b): „Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship.“ Journal of Economic Perspectives, 9 (4), S. 97 bis 118.

Prange W., C. Schneider (2001): „Automobile Leichtbauinitiativen der internationalen Stahlindustrie.“ Stahl und Eisen, Nr. 7, S. 23 bis 29.

Priddle, R. (2000): Stellungnahme bei der Anhörung am 17. Oktober 2000.

Prognos (1999b): „Environmental impact of traffic control and information technologies for road transport.“ Final report, Basel, Juli 1999, Forschungsvorhaben F&E Nr. 294 96 024 im Auftrag des Umweltbundesamtes, Berlin.

Prognos (2000a): „Umweltwirkungen von Verkehrsinformations- und -leitsystemen im Straßenverkehr.“ Gutachten im Auftrag des Umweltbundesamtes. Basel, Berlin, Köln.

Prognos (2000b): „Arbeitsplätze und Klimaschutz.“ Prognos Forschungsbericht 298 14 338, im Auftrag des Umweltbundesamtes. Basel, Berlin, Köln.

Prognos/EWI (1999a) (Prognos/Energiewirtschaftliches Institut der Universität Köln): „Energiereport III: Die längerfristige Entwicklung der Energiemärkte im Zeichen von Wettbewerb und Umwelt.“ Untersuchung im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie. Stuttgart.

Prose, F., K. Wortmann (1991): „Konsumentenanalyse und Marktsegmentierung der Kunden der Stadtwerke Kiel.“ Universität Kiel.

PTRC (2000) (Petroleum Technology Research Centre): „Request for Funding for the Weyburn CO_2 Monitoring Project.“ Government of Alberta. Regina, Saskatchewan.

Radgen, P., E. Jochem u. a. (1998): „Zwischenbilanz zur rationellen Energienutzung bei Thermoprozessanlagen, insbesondere Industrieöfen.“ Abschlussbericht, ISI. Karlsruhe.

Radgen, P., E. Tönsing (1996): „Energieeinsparmöglichkeiten im Industriebereich in Europa bis zum Jahr 2050.“ Endbericht, ISI. Karlsruhe.

Ramesohl, S. (2001): „Entwicklungsbedingungen für Energieeffizienzmärkte im industriellen Mittelstand – Eine empirische Untersuchung von Energieeffizienzmaßnahmen in kleinen und mittleren Unternehmen.“ Fortschritts-Berichte VDI, Reihe 16 Technik und Wirtschaft, Nr.126. VDI Verlag, Düsseldorf.

Ramesohl, S. (2001): Stellungnahme bei der Anhörung A am 20. November 2001.

Rath, U., M. Hartmann, A. Präffke (1997): „Klimaschutz durch Minderung von Leerlaufverlusten bei Elektrogeräten – Sachstand / Projektionen / CO_2-Minderungspotentiale.“ UBA FB 9 7-071. Umweltbundesamt Berlin.

Räuber, A. (1999): „Weltweite Perspektiven der Photovoltaik.“ Vierzehntes Symposium Photovoltaische Solarenergie März 1999, Kloster Banz, Staffelstein.

Reichert u. a. (2000): „Rationelle Energieverwendung 2000.“ Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI), Karlsruhe.

Robins, N., S. Roberts (1996): „Rethinking Paper Consumption.“ Discussion Paper. International Institute for Environment and Development. London.

Rohracher, H. (2001): „Haus der Zukunft.“ Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften des BMVIT, Internationales Forschungszentrum für Technik, Arbeit und Kultur (IFF/IFZ), Graz.

Rösch, C. (2001): „Nachhaltige Nutzung von Biomasse als Energieträger.“ Institut für Technologiefolgenabschätzung und Systemanalyse, Forschungszentrum Karlsruhe. TA-Datenbank-Nachrichten, Nr. 3, 10. Jg., Karlsruhe.

Rosen, K. B., A. K. Meier (2000): „Power measurements and national energy consumption of televisions and video cassette recorders in the USA.“ Energy 25:3.

RWE Rheinbraun (2000): „Weltmarkt für Steinkohle.“ 1/2000, Köln.

Sadnicki, M., G. MacKerron (1997): „Managing UK Nuclear Power Liabilities.“ STEEP Report No 7, University of Sussex, Science Policy Research Unit.

Samm, U. (2001): Antworten des Sachverständigen Prof. Ulrich Samm, FZ Jülich zur Anhörung des Ausschusses für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung am 28.3.01. BT-Drs. 14/383c.

Sarasin (2000): „Photovoltaik 2000: Markt, Akteure und Prognosen.“ Basel.

Sarasin (2001): „Photovoltaik 2001: Markt, Akteure und Prognosen.“ Basel.

Sbz (2001): „ISH-Nachlese. Wärmeerzeugung und Warmwasserbereitung.“ sbz – Sanitär-, Heizungs-, Klima- und Klempnertechnik, 9/2001, S. 78 bis 97.

Schallaböck, K. O., R. Petersen (1998): „Traffic Congestion in Europe.“ ECMT Round Table 110. Paris.

Schaper, A., G. Schmidt (1999): „Emerging Nuclear Energy Systems, their Possible Safety and Proliferation Risks.“ European Parliament, Directorate-General for Research, Working Paper Energy Series, ENER 111 EN. Luxemburg.

Schaper, S. (2001): „Unerwünschte Effekte der EU-Altautorichtlinie auf ökologische Fahrzeugkonzepte.“ VDI-Berichte 1653, Düsseldorf, S. 471 bis 485.

Schellschmidt, R. u. a. (2000): „Geothermal energy use in Germany at the turn of the millenium.“ Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben (GGA), Hannover.

Schiffer, H.-S. (2002): „Deutscher Energiemarkt 2001.“ Energiewirtschaftliche Tagesfragen 52. Jg., Heft 3/2002.

Schindler, V. (1997): „Kraftstoffe für morgen.“ Springer Verlag, Berlin.

Schindler, V. (2001): „Fuel for tomorrows cars – do we have to leave the hydrocarbons?“ Society of Automotive Engineers 2001, Automotive and Transportation Technology Congress and Exposition, Barcelona.

Schlomann, B. u. a (2000): „Entwicklung eines Energie-Effizienz-Konzeptes für Deutschland unter Auswertung vorliegender europäischer Erfahrungen und unter Berücksichtigung der föderalen Struktur Deutschlands.“ Untersuchung im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg. Karlsruhe.

Schmidt, G. u. a. (2000): „Konzeption strategischer Elemente einer Reform von EURATOM.“ Gutachten im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Jugend und Familie der Republik Österreich, 31. Mai 2000. Darmstadt.

Schmidt-Bleek, F. (1994): „Wieviel Umwelt braucht der Mensch? MIPS – Das Maß für ökologisches Wirtschaften.“ Basel.

Schmidt-Bleek, F., U. Tischner (1995): „Produktentwicklung: Nutzen gestalten – Natur schonen.“ Paperbook 270. Economy Promotion Institute. Wien.

Schnorr-Bäcker, S. (2001): „Neue Ökonomie und amtliche Statistik.“ Wirtschaft und Statistik Nr. 3, S. 165 bis 175.

Scholta, J., L. Jörissen, J. Garche (2000): „Weitere Entwicklungspotentiale der Polymermenbran- und Direkt-Methanol-Brennstoffzelle.“ In: „Brennstoffzellen – effiziente Energietechnik der Zukunft“, Tagung des Wirtschaftsministeriums Baden-Württemberg, 20./21. Juli 2000. Stuttgart.

Schrattenholzer, L., Y. Fujie, P. Criqui, L. Soete, A. van Zon, D. Herrmann (2000): „A Longer-Term Outlook on Future Energy Systems.“ International Journal of Global Energy Issues, 14/2000, S. 348 bis 373.

Schulz, E. (1999): „Zur langfristigen Bevölkerungsentwicklung in Deutschland – Modellrechnungen bis 2050.“ DIW-Wochenbericht 42/99, Berlin.

Schuppers, J. D. u. a. (2002): „Storage capacity and quality of hydrocarbon structures in the North Sea and the Aegean region.“ TNO report NITG 02-02-B.

Schwartz, M.A. (2000): Stellungnahme bei der Anhörung am 17. Oktober 2000.

Schwarzhoff, G. (2000): „Welches Interesse hat ein großer Wohnungsanbieter, das Nutzerverhalten beim Energieverbrauch zu beeinflussen?“ VDI Berichte Nr. 1531. Nierstein.

Seibel, B. A., P. J. Walsh (2001): „Potential Impacts of CO_2 Injection on Deep Sea Biota.“ Science Vol. 294, Nr. 10, S. 319 bis 320.

Seiche, M., C. Wuttke (1999): „Abbau und Umbau ökologisch schädlicher Subventionen – Bausteine für ein Zukunftsfähiges Deutschland.“ Bonn.

Shell (2001): „Mehr Autos – weniger Verkehr? Szenarien des Pkw-Bestandes und der Neuzulassungen in Deutschland bis zum Jahr 2020.“ Deutsche Shell GmbH, Hamburg.

SRU (2000) (Sachverständigenrat für Umweltfragen): „Umweltgutachten 2000. Schritte ins nächste Jahrtausend.“ Stuttgart.

Stadler, I. (2000): „Dialogfähige Energiemanagementsysteme im Kontext von Energieverbrauch und Nutzerverhalten.“ Dissertation. Kassel.

Stahl, B., R. Walz, E. Böhm (1997): „Anleitung zur Bewertung in Ökobilanzen.“ UmweltWirtschaftsForum, 1997, Nr. 2, S. 83 bis 88.

Staiß, F. (2001): „Jahrbuch erneuerbare Energien.“ Bieberstein-Fachbuchverlag, Radebeul.

Statistisches Bundesamt (1998): „Im Blickpunkt: Die Bevölkerung der Europäischen Union heute und morgen – mit besonderer Berücksichtigung der Entwicklung in Deutschland.“ Metzler-Pöschel, Stuttgart.

Statistisches Bundesamt (2001): „Luftverkehr 2000.“ Fachserie 8, Reihe 6. Stuttgart.

Statistisches Bundesamt (verschiedene Jahrgänge): Mikrozensus. Bonn.

Statistisches Bundesamt, WZB, ZUMA (2000) (Statistisches Bundesamt, Wissenschaftszentrum Berlin, Zentrum für Umfragen, Methoden und Analysen): „Datenreport 1999: Zahlen und Fakten über die Bundesrepublik Deutschland.“ Bonn.

Statoil (2000): „SACS – Saline Aquifer CO_2 Storage.“ Final Report.Thermie Contract Number OG/306/98/NO, 2/2000. Stavanger.

Stefánsson V., I. Fridleifsson (1998): „Geothermal Energy. European and worldwide perspective.“ Vortrag bei der Expertenanhörung „Assessments and Prospects for Geothermal Energy in Europe“ des Unterauschusses „Technologiepolitik und Energie“ der Parlamentarischen Versammlung des Europarats, 12. Mai 1998, Straßburg.

Streck, C. (2001): Stellungnahme bei der Anhörung am 19. November 2001.

Stryi-Hipp, G. (2001): „Der Europäische Solarthermiemarkt.“ Tagungsband zum elften Symposium Thermische Solarenergie, Mai 2001, Staffelstein.

TAB (1997) (Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag): „Forschungs- und Technologiepolitik für eine nachhaltige Entwicklung“. TAB-Arbeitsbericht Nr. 50, Bonn.

TAB (2001): Projekt „Brennstoffzellen-Technologie.“ BT-Drs. 14/5054, Berlin.

Techem (2000): „Energiekennzahlen, Hilfen für den Wohnungswirt.“ Studie der Techem AG, Frankfurt.

Tenzer, H. (1998): „Auf dem Weg zu neuen Kraftwerken: Machbarkeitsstudie zur Durchführung eines Hot-Dry-Rock-Erdwärme-Demonstrationsvorhabens am Standort Bad Urach.“ Geothermische Energie, 6. Jg., Heft 2/3, Dezember 1998, S. 22/23.

Test (2002): „Öl sparen, weniger tanken.“ Stiftung Warentest Test 6/2002, S. 69 bis 73.

Thomas, S. u. a. (2001): „Energieeffizienz im liberalisierten Strom- und Gasmarkt in Deutschland.“ Kurzfassung. Wuppertal.

Thomas, S. u. a. (2002): „Die vergessene Säule der Energiepolitik. Energieeffizienz im liberalisierten Strom- und Gasmarkt in Deutschland.“ Wuppertal.

Tränkler, H. R. u. a. (2001): „Das intelligente Haus. Arbeiten und Wohnen mit zukunftsweisender Technik.“ Richard Pflaum Verlag, München.

Traube, K., M. Riedel (1998): „Quoten-/Zertifikatsmodell zur Förderung des Ausbaus der Elektrizitätserzeugung in Kraft-Wärme-Kopplung.“ Zeitschrift für Neues Energierecht, Heft 2, S. 25 bis 31.

Traube, K., W. Schulz (2001): „Ökologische und ökonomische Wirkung eines mittelfristigen Ausbaus der Kraft-Wärme-Kopplung zur Nah-/Fernwärmeversorgung in Deutschland.“ Frankfurt a. M.

TTI (1998) (The Tavistock Institute) (Hrsg.): Understanding the take up of advanced energy technology.“ Final Dissemination Report of the Project „Social and Organisational Issues in the Adoption of Advanced Energy Technologies in Manufacturing (SORGET).“ London.

Turkenburg, W. C., C. A. Hendriks (1999): „Fossil fuels in a sustainable energy supply: the significance of CO_2 removal.“ A memorandum at the request of the Ministry of Economic Affairs. Utrecht.

TÜV Rheinland, DIW, WI (1999) (Technischer Überwachungsverein, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie): „Maßnahmen zur verursacherbezogenen Schadstoffreduzierung des zivilen Luftverkehrs.“ UBA FE-Vorhaben 10506085. Köln.

UBA (1999) (Umweltbundesamt): „Bewertung in Ökobilanzen.“ UBA-Texte 92/99. Berlin.

UBA (2001): „Statistisches Jahrbuch 2001.“ Berlin.

UN (2001) (hier: United Nations Population Division): „World Population Prospects.“ Population Database. New York. http://www.un.org/esa/population

UN ECOSOC (2001) (UN Economic and Social Council): „Energy and sustainable development: options and strategies for action on key issues.“ Report of the Secretary General to the Ad Hoc Open-Ended Group of Experts on Energy and Sustainable Development. 26. February – 2. March 2001. E/CN.17/ESD/2001/2.

UNDP (1996) (United Nations Development Programme): „Energy after Rio: Prospects and Challenges.“ New York.

UNDP, WEC, UN DESA (2000) (United Nations Development Programme, World Energy Council, UN Department for Economic and Social Affairs): „World Energy Assessment. Energy and the challenge of sustainability.“ New York.

UNEP (2001) (United Nations Environment Programme): „Renewable energy technology fact sheet: Bioenergy.“ Paris.

UNEP/IEA (2001) (United Nations Environment Programme/International Energy Agency): „Energy Subsidy Reform and Sustainable Development: Challenges for Policymakers.“ Synthesis Report. Submission to the 9th Session of the UN CSD, New York.

UNEPTIE (2001) (United Nations Environment Programme Division of Technology, Industry, and Economics): „Energy Subsidy Reform and Sustainable Development: Challenges for Policy Makers.“ UN CSD 9 Side Event Wrap-up and Main Messages, New York, 17 April 2001. http://www.uneptie.org

Van Brummelen, M. (1992): „Scenarios for introduction of buildings in the Netherlands.“ 11th European Photovoltaics Solar Energy Conference, Montreux.

Van Bergen, F., C. Hamelinck, A. Faaij, G. Ruijg, D. Jansen, H. Pagnier, K.-H. Wolf, O. Barzandji, H. Bruining, H. Schreurs (2000): „Inventory of potential volumes of methane extraction and carbon dioxide storage in coal layers in the Dutch subsurface.“ TNO contribution to the Novem study "Feasibilty study of combined Coal Bed Methane production and Carbon Dioxide storage in the Netherlands." Utrecht.

Van den Reek, J. A. (1999): „Reduction of CO_2-Emissions by Reduction of Paper Use for Publication Applications.“ Universität Utrecht, Utrecht.

Varilek, M., N. Marenzi (2001): „Greenhouse Gas Price Scenarios for 2000-2012: Impact of Different Policy Regimes.“ IWOe Discussion Paper No. 96, Institut for Economy and the Environment, University of St. Gallen, St. Gallen.

VDEW (1996) (Verband der Elektrizitätswirtschaft): „Dienstleistungen und DSM-Projekte der deutschen Stromversorger.“ Frankfurt a. M.

VDEW (verschiedene Jahrgänge): „Endenergieverbrauch in Deutschland.“ http://www.ag-energiebilanzen.de

VDP (2001) (Verband Deutscher Papierfabriken): „Papier 2001: Ein Leistungsbericht.“ Bonn.

VES (2000) (Verkehrswirtschaftliche Energiestrategie): „Statusbericht der Task-Force an das Steering-Committee.“ Berlin.

VKE (2000) (Verband Kunststofferzeugende Industrie e. V.): „Kunststoff im Automobil.“ Frankfurt a. M.

Vogel, A., C. Liedtke (1998): „Öko-effiziente Dienstleistungen – Ein Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung.“ Zeitschrift für Sozialistische Politik, 104/1998, S. 28 bis 31.

Voß, A. (2002): „LCA/External Costs in Comparative Assessment of Electricity Chains. Decision Support for Sustainable Electricity Provision?“ In: „Externalities and Energy Policy: The Life Cycle Analysis Approach.“ Workshop proceedings, Paris, France, 15.-16. November 2001. Nuclear Energy Agency / OECD, Paris.

Voss, K. (1997): “Bauen mit der Sonne.“ Sonnenenergie 3/1997, S. 24 bis 27.

VW (2002) (Volkswagen AG): „Umweltbericht 2001/2002: Mobilität und Nachhaltigkeit.“ Wolfsburg.

Walz, R., U. Kuntze (Hrsg.) (1999): „Ordnungsrecht, Abgaben und Innovationen. Ausgewählte Beispiele im Umweltbereich.“ Analytika Verlag, Berlin.

Water Power & Dam Construction (1990): „The world’s small hydro power (survey).“ Small Hydro Power. International Water Power & Dam Construction, 42, S. 4 bis 7.

Water Power & Dam Construction (1992): „The world’s hydro ressources.“ Handbook. International Water Power & Dam Construction, 44, S. 34 bis 37.

WBGU (2001a) (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen): „Welt im Wandel – Neue Strukturen globaler Umweltpolitik. Jahresgutachten 2000.“ Berlin, Heidelberg. http://www.wbgu.de

WBGU (2001b): „Die Chance von Johannesburg - Eckpunkte einer Verhandlungsstrategie – Politikpapier 1 zum Weltgipfel für Nachhaltige Entwicklung (WSSD) in Johannesburg.“ Berlin.

Weber, H. u. a. (1998): „Gebäudesystemtechnik und Gebäudeautomation (Einsatz – Nutzen – Trends).“ Tagungsband Universität Kaiserslautern. Kaiserslautern.

WEC (2001) (World Energy Council): „Annual Report 2001.“ London. http://www.worldenergy.org

WEC (2002): „Global Energy Scenarios to 2050 and beyond.“ http://www.worldenergy.org

Weiblen, R.-D. (1997): „TriSolar, Leben mit der Sonne.“ Issum.

Weltbank (1996): „Rural Energy and Development. Improving Energy Supplies for Two Billion People.“ Washington, D. C.

Weltbank (2001a): „World Development Indicators.“ CD-ROM. Washington, D. C.

Weltbank (2001b): „Peri-Urban Electricity Consumers – A Forgotten but Important Group: What Can We Do to Electrify Them?“ Washington, D. C. http://www.worldbank.org/html/fpd/esmap/publication/periurban.html

Weltbank ESMAP (2000) (Weltbank Energy Sector Management Assistance Programme): „Energy and Development Report 2000.“ Washington, D. C.

WENRA (1999) (Western European Nuclear Regulators’ Association): „Report on nuclear safety in EU applicant countries.“ Paris.

Westphal, B. (2001): Stellungnahme bei der Anhörung am 19. November 2001.

WI (1999a) (Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie): „Bewertung eines Ausstiegs aus der Kernenergie aus klimapolitischer und volkswirtschaftlicher Sicht.“ Untersuchung für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Förderkennzeichen: UFOPLAN 99, FKZ 999 41 802. Wuppertal.

WI (1999b): „Countdown für den Klimaschutz. Wohin steuert der Verkehr?“ Studie im Auftrag von Greenpeace Deutschland e. V., Bearbeiter: Schallaböck, K. O., R. Petersen. Wuppertal.

WI (2001a): „Instrumente zum Klimaschutz in einem liberalisierten Energiemarkt unter besonderer Berücksichtigung der KWK.“ Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes. Wuppertal.

WI (2001b): „Der Beitrag regenerativer Energien und rationeller Energienutzung zur wirtschaftlichen Entwicklung in Nordrhein-Westfalen – Analyse und Bewertung von Zukunftstechnologien, deren Auswirkungen auf die Wirtschaftsstruktur und Ableitung technologiepolitischer Handlungsempfehlungen – Technologiebibliothek.“ Wuppertal.

WI u. a. (1998) (Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie, AKF-Institute for Local Government Studies, Energieverwertungsagentur, Fraunhofer Institut für Systemanalye und Innovationsforschung, Projekt Klimaschutz am Institut für Psychologie der Universität Kiel, Amstein & Walthert, Bush Energie): „InterSEE (Interdisciplinary Analysis of Successful Implementation of

Energy Efficiency in Industry, Commerce and Service).“ Wuppertal, Kopenhagen, Wien, Karlsruhe, Kiel.

WI/Öko-Institut (2000): „Bewertung eines Ausstiegs aus der Kernenergie aus klimapolitischer und volkswirtschaftlicher Sicht – Kernkraftwerksscharfe Analyse.“ Wuppertal, Freiburg, Bremen, Darmstadt, Berlin.

Williams, R. H. (2002): „Toward Zero Emissions for Transportation.“ National Association of Environmental Professionals 2002 Conference „Environmental Stewardship Rebuilding and Maintaining America’s Resources.“ Dearborn.

Wimmer, N. (2001): Stellungnahme bei der Anhörung am 19. November 2001.

Wissenschaftsrat (2000): „Thesen zur künftigen Entwicklung des Wissenschaftssystems in Deutschland.“ Drs. 4594/00 vom 7. Juli 2000. Berlin.

Wolters, D. (2001): „Struktur- und akteursorientierte Szenarioanalyse eines nachhaltigen deutschen Energiesystems im internationalen Kontext.“ Dissertation. Osnabrück.

World Bureau of Metal Statistics (2000): „Metal Statistics ‘89 – ‘99.“ 89. Jg., London, Frankfurt.

Worrell, E., V. Martin, L. Price (1999): „Energy efficiency and carbon emissions reduction opportunities in the US Iron and Steel Sector.“ LBL, Berkeley.

Wortmann, K. (2001): Stellungnahme bei der Anhörung A am 20. November 2001.

Wright, P. M. (2000): „Geothermal energy in the new century.“ Vortrag auf dem World Geothermal Congress 2000, 30. Mai bis 7. Juni 2000, Japan.

WWF (2001) (Umweltstiftung World Wildlife Fund Deutschland) (Hrsg.): „Vom Altbau zum Niedrigenergiehaus – Über die Machbarkeit ehrgeiziger Klimaschutzziele im Gebäudebestand von Wohnungsunternehmen.“ Frankfurt.

Zanger, C., J. Drengner, H. Gaus (1999): „Konsumentenakzeptanz von Nutzungsdauerverlängerungen und -intensivierung.“ In: UWF (Umweltwirtschaftsforum), 1999, Nr. 1, S. 92 bis 96.

ZEW/Öko-Institut (2002) (Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung/Öko-Institut): „Endbericht für die wissenschaftliche Vorbereitung einer Stellungnahme zum Entwurf einer Direktive zur Implementierung eines EU-weiten Emissionshandels COM(2001) 581.“ Studie im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg. Mannheim, Berlin.

Ziesing, H.-J. (2001): „Trendwende noch nicht in Sicht.“ DIW-Wochenbericht 45/01. Berlin.

Ziesing, H.-J., F. C. Matthes (2000): „Ökologische und ökonomische Bewertung der KWK.“ Kurzexpertise im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie. Berlin.

Zoche, P., S. Kimpeler, M. Joepgen (2001): „Virtuelle Mobilität: Ein Phänomen mit physischen Konsequenzen?“ Springer Verlag, Berlin.

Anhang

Seite

Abbildungsverzeichnis

Seite

Tabellenverzeichnis

Kastenverzeichnis

Analyseraster der Enquete-Kommission

„Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und der Liberalisierung“
Stand: 2.April 2001

Seite

1 Definitionen

(1) Die folgenden Begriffe wurden als Grundlage aller Studien definiert. Die Punkte 1.1 bis 1.11 versuchen, die Potenziale allgemein zu strukturieren. Sie werden jeweils technologiespezifisch unterschiedlich nutzbar sein. Generell sollten Potenziale wenn möglich für 1998 und künftige Zeitpunkte 2005, 2010, 2020, 2030, 2050 angegeben werden.

1.1 Energieeinsparung und Rationelle Energienutzung

(2) In Anlehnung an das VDI-Lexikon Energietechnik wird folgende Begriffsbestimmung verwendet:

Energieeinsparung: Reduzierung des Energieverbrauchs einer Anlage, eines Verbrauchers, einer Verbrauchergruppe oder einer Volkswirtschaft gegenüber einer Referenzperiode oder einem Referenzverlauf. Darunter wird im weiteren neben dem i. a. geringeren Energieeinsatz einer neuen bzw. anderen Technik bei gleichem Output oder Nutzen, auch eine Minderung des Energieverbrauchs durch eine Veränderung bzw. Reduktion der Nachfrage nach Energiedienstleistungen (Verhaltens- und Strukturänderungen, Vermeidung und Verzicht) verstanden.

Rationelle Energienutzung bzw. -verwendung: Rationelle Energieverwendung (bzw. -nutzung) ist jene, die bei Berücksichtigung energetischer, ökonomischer und ökologischer Gesichtspunkte optimal erfolgt.[1] Im weiteren wird rationeller Energieeinsatz so verstanden, dass er insbesondere alle Energieeinsparmöglichkeiten umfasst, die wirtschaftlich rentabel sind.

(3) Im Bereich der Endenergiesektoren ist der Output oder Nutzen beispielsweise

– eine Nutzenergiemenge (z. B. Raumwärme),

– eine Produktmenge (z. B. Tonnen Stahl oder Euro Nettoproduktion) oder

– eine Energiedienstleistung .

Zur Definition des Begriffs „Energiedienstleistungen“

(4) Energiedienstleistungen sind die aus dem Einsatz von Nutzenergie und anderen Produktionsfaktoren befriedigten Bedürfnisse bzw. erzeugten Güter.[2] Energiedienstleistungen sind z. B. Beleuchtung mit einem ausreichenden Niveau, warme Räume (z. B. in kWh/qm/Jahr), angemessen gekühlte Lebensmittel, Transport (z. B. in Pkm oder tkm) oder Herstellung von Produkten (z. B. in Tonnen).[3] Die Bereitstellung von Energiedienstleistungen erfordert eine Kombination von einem Energienutzungssystem, einer Energiewandlertechnik und Endenergie sowie ggfs. auch von anderen Gütern, Faktoren und Dienstleistungen (z.B. Beratung, Management).

(5) Abbildung 1, siehe S. 658, stellt die technische Umwandlungskette von der Primärenergie bis zum Nutzen dar.

(6) Die Energiedienstleistung „warme Räume“ wird z. B. durch die Umwandlung von Endenergie (z. B. Erdgas, Öl) durch eine Wandlertechnologie (z. B. Heizkessel) innerhalb eines Gebäudes als Energienutzungssystem (z. B. mit Niedrigenergiehaus-Standard) bereitgestellt. Die Bereitstellung von Energiedienstleistungen ist **im technischen Sinne energieeffektiv,** wenn durch entsprechende Technologien, Prozessführung, Gebäude oder Dienstleistungen ein möglichst geringer Aufwand an Primärenergie für einen jeweils definierten Nutzen anfällt; energieeffektive Technologien und Dienstleistungen sind ihrerseits Kombinationen der Produktionsfaktoren Kapital, Arbeit (Humankapital, Know-How, Verhalten) und natürlicher Ressourcen (siehe Abbildung 2, S. 659).

(7) Diese Definition von Energiedienstleistungen ist von anderen oder erweiterten Definitionen wie z. B. den energienahen Dienstleistungen zu unterscheiden.

(8) Energienahe Dienstleistungen können allen Verbrauchern in Verbindung mit der Nutzung von Energie angeboten werden. Zu den energienahen Dienstleistungen gehören einerseits Dienstleistungen auf der Angebots- und Nachfrageseite, die **unabhängig von einer Energielieferung** erbracht werden können (z. B. Wartung und Reparatur von Energieanlagen), darunter insbesondere Energieeffizienz-Dienstleistungen (z. B. Energiespar-Contracting, Beratung zu oder Finanzierung von energieeffizienten Geräten und Anlagen). Andererseits umfassen energienahe Dienstleistungen auch Systemdienstleistungen wie Frequenzstabilisierung und Spannungshaltung beim Strom sowie die Verbrauchsmessung, Zählerablesung und Abrechnung, die als Paket „Energie plus Dienstleistungen“ in direktem Zusammenhang mit einer Energielieferung oder einem Strom/Gas/Fernwärmenetzbetrieb erbracht werden.[4]

(9) Es ist auch möglich, **Energiedienstleistungen zu verkaufen.** So kann die Energiedienstleistung „Beleuchtung eines Gebäudes“ durch ein Paket aus Beleuchtungstechnologie, Wartung und Instandhaltung sowie Strom bereitgestellt und auf der Basis von DM/m^2/Jahr verkauft und abgerechnet werden. Oder: Kühlen und Gefrieren im Haushalt kann auf Basis einer Monatsrate abgerechnet werden, die die Gerätemiete, Wartung und Instandhaltung

---

[1] Schaefer, H. (Hrsg.): VDI-Lexikon Energietechnik, VDI-Verlag, 1994

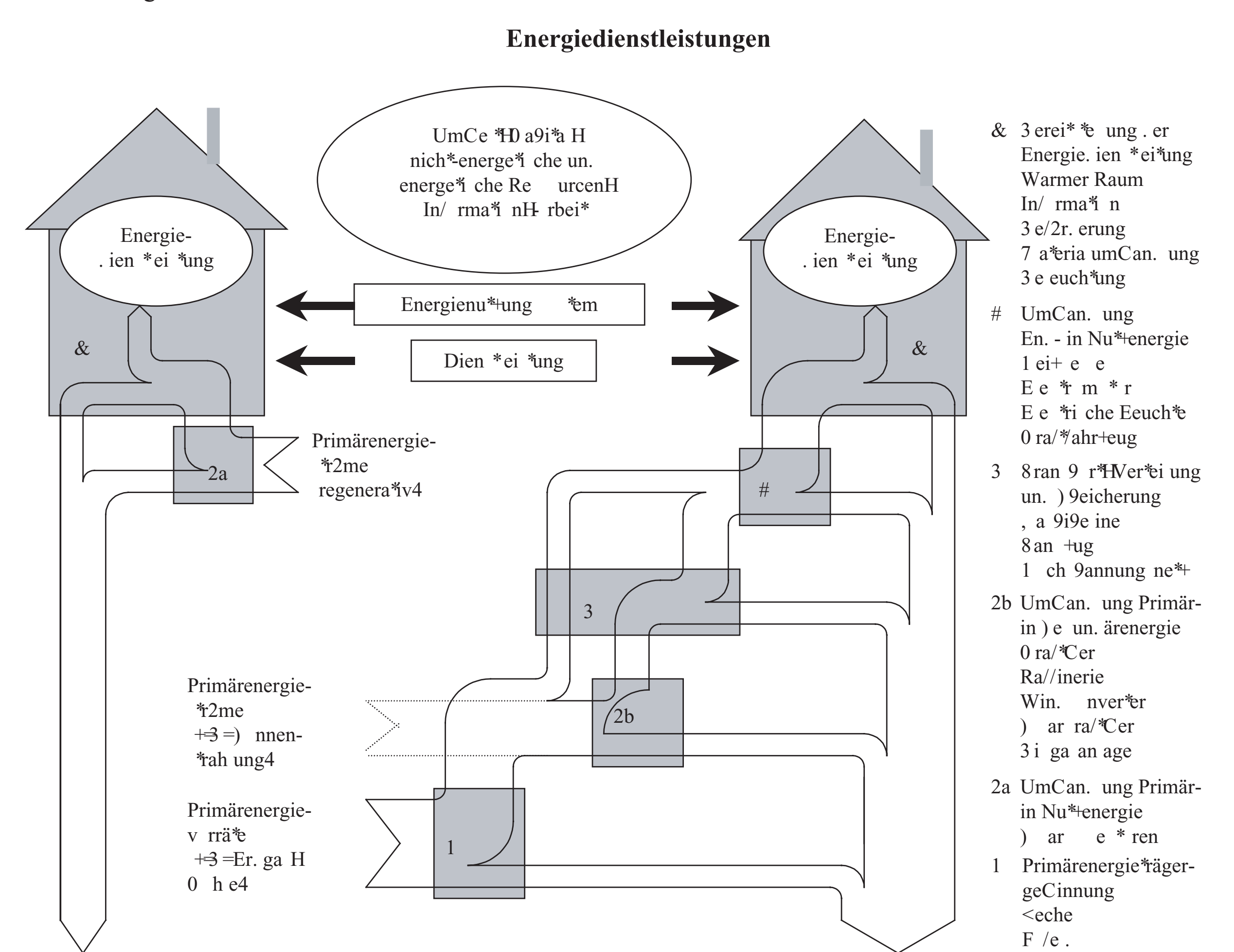
[2] VDI Richtlinie 4661: Energiekennwerte. Definitionen – Begriffe – Methodik

[3] Vergleiche. z. B. Swisher/Jannuzzi/Redlinger 1997, 208; cf. also Reddy/Williams/Johansson 1997, and Nakicenovic/Grübler/McDonald 1998.

[4] Die Welthandelsorganisation WTO verwendet z. B. für ihre Zwecke einen erweiterten Begriff von Energiedienstleistungen: der Transport und die Lieferung von Energie werden als „Dienstleistungen“ klassifiziert (im Unterschied zur Stromerzeugung, die von der WTO als „Produktion“ eingeordnet wurde). Teilweise werden auch jede Form von Transport oder die Lieferung von Strom oder Gas als „Energiedienstleistungen“ bezeichnet. Nach der hier vorgeschlagenen Definition handelt es sich dabei jedoch um die Bereitstellung von Endenergie, nicht von Energiedienstleistungen.

Abbildung 1

Energiedienstleistungen



sowie Strom enthält. Die Bereitstellung und der Verkauf von Energiediensteistungen bilden das Geschäftsfeld von Energiedienstleistungsunternehmen.

(10) Bei Analysen der Energiewirtschaft werden Kosten- und Wettbewerbsfragen häufig nur für Märkte diskutiert, die bei der **Bereitstellung von Endenergie** (z. B. kostenminimale Bereitstellung von Elektrizität oder von Wärme) enden. In der Realität werden aber zunehmend auch Energiedienstleistungen vermarktet. In wirtschaftstheoretischer Sicht gilt bei **Märkten für Energiedienstleistungen,** dass nur eine simultane Optimierung für die Energiedienstleistungen in ihrer Kombination von Energienutzungssystem, Energiewandlertechnik, Endenergie und ggf. anderen Dienstleistungen zu einer effizienten Allokation der Ressourcen, d. h. zu einer kostenminimalen Bereitstellung von Energiedienstleistungen („least cost“) führt.

(11) In wettbewerbstheoretischer Hinsicht wird also durch Märkte für Energiedienstleistungen der **direkte** Wettbewerb zwischen unterschiedlichen Anbietern von Endenergie (z. B. „Strom zu Strom“ – Wettbewerb) erweitert um den **Substitutionswettbewerb** zwischen Anbietern von Endenergien (z. B. Strom, Erdgas, Heizöl) gegenüber den **Anbietern von Effizienztechniken** (z. B. bessere Wärmedämmung, effizientere Beleuchtung oder verbesserte Heizanlagen) oder anderen Dienstleistungen (z. B. Energiemanagement).

(12) Der Begriff „rationelle Energienutzung“ umfasst somit

– sowohl die Verminderung von Enthalpie- und Exergieverlusten

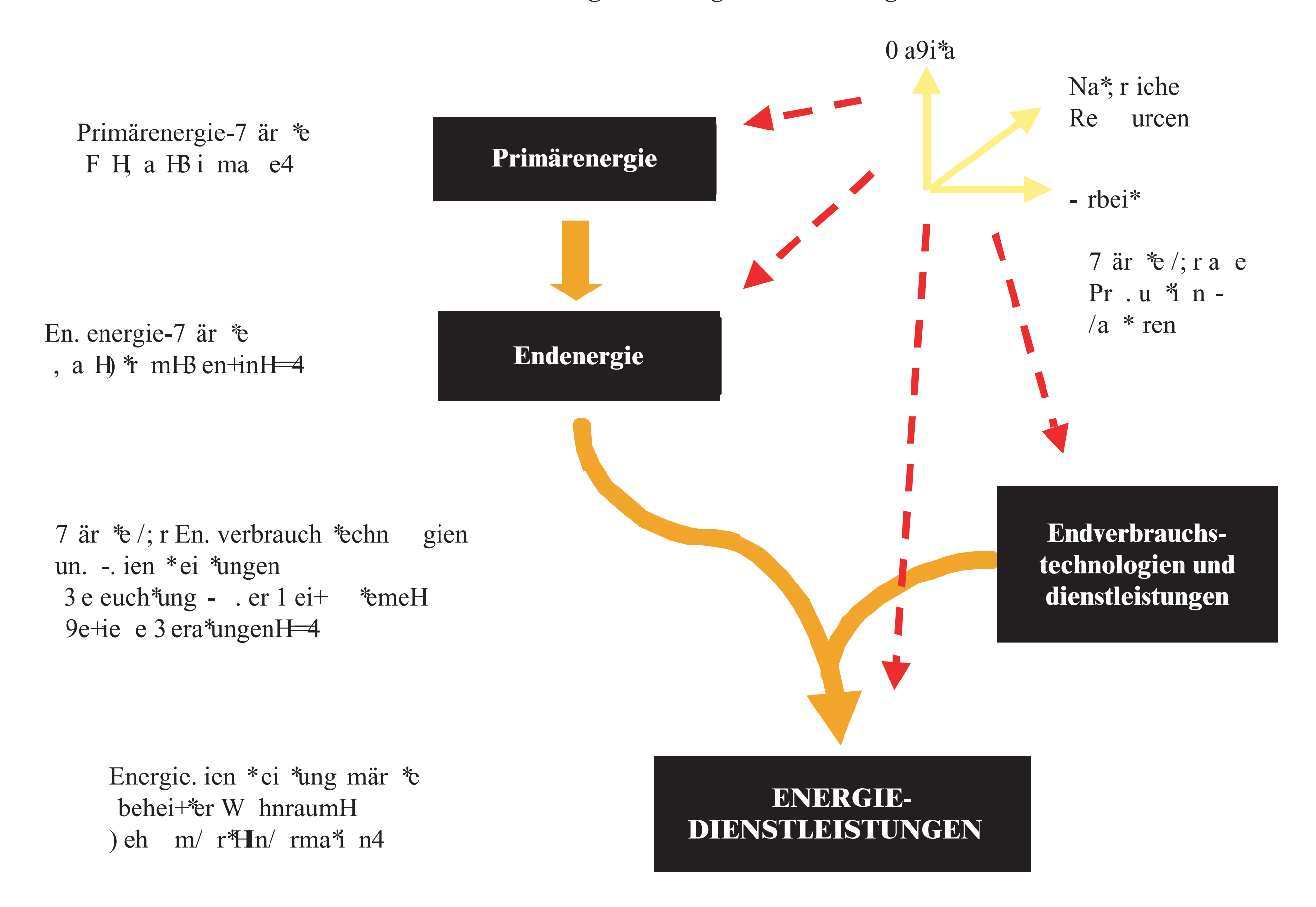
– als auch die Verminderung des spezifischen Nutzenergiebedarfes. Er umfasst **nicht** die Verminderung von Energiedienstleistungen. Der Begriff „Energieeinsparung“ umfasst sowohl die rationelle Energienutzung, wie oben definiert, als auch die Verminderung von Energiedienstleistungen (durch z. B. Vermeidung und Verzicht).

1.2 Theoretisches Potenzial technischer Maßnahmen zur Energieeinsparung

(13) Dieses Potenzial umfasst neben den technischen Potenzialen jene Verminderungen des Energieeinsatzes, die

Abbildung 2

Das Zusammenwirken von Produktionsfaktoren und Märkten bei der Bereitstellung von Energiedienstleistungen



mit heute noch nicht konkretisierten Techniken, aber mit technologisch fundierten Kenntnissen geschätzt werden können. Sie betreffen in der Regel Aussagen wie z. B. über Verminderungen des Nutzenergiebedarfs durch Veränderungen der Aktivierungsenergien (z. B. durch Katalysatoren, Enzyme u. a.), durch Kreislaufschließung, durch den Einsatz erhöhter Anteile von Sekundärrohstoffen oder durch Prozesssubstitutionen.

1.3 Theoretisches Potenzial von Energietechniken

(14) Das theoretische Potenzial bezeichnet im Falle einer Energiequelle das physikalische Dargebot, z. B. die potenzielle Energie aller Flüsse eines Landes.

1.4 Technisches Potenzial der Energieeinsparung

(15) Das technische Potenzial der Energieeinsparung umfasst jene Verminderungen des Energieeinsatzes, die mit heute bekannten Techniken unter Einschluss von Systemlösungen realisierbar sind. Eine wirtschaftliche Beurteilung der technischen Potenziale wird im Rahmen der Analyse der wirtschaftlichen Potenziale erfolgen. Nach Möglichkeit soll das technische Potenzial auch in Abhängigkeit von den Kosten je eingesparter Energieeinheit (kWh) als Kostenfunktion angegeben werden.

1.5 Technisches Potenzial von Energietechniken

(16) Das technische Potenzial von Energietechniken beschreibt das „technisch Machbare“ auf Basis des derzeitigen Standes der Technik und der zu erwartenden Entwicklung unter Darstellung des theoretischen Potenzials. Insbesondere sind auch die Potenziale von Systemlösungen zu betrachten, unter Berücksichtigung von

– den verfügbaren Nutzungstechniken und ihrer Nutzungsgrade;

– der Höhe, dem zeitlichem Verlauf und der räumlichen Verteilung von Energiedargebot und -bedarf;

– der Verfügbarkeit von Standorten und konkurrierenden Nutzungen sowie

– strukturellen und ökologischen Beschränkungen.

(17) Nach Möglichkeit soll das technische Potenzial auch in Abhängigkeit von den Kosten pro erzeugter kWh als Kostenfunktion angegeben werden.

1.6 Technisches Potenzial der CO_2-Minderung

(18) Das technische Potenzial der Maßnahmen zur Verminderung (Vermeidung) von energiebedingten klimarelevanten Spurengasen beschreibt das „technisch Machbare“ unter Berücksichtigung von

– den verfügbaren Nutzungstechniken und ihrer Nutzungsgrade;

– der Höhe, dem zeitlichem Verlauf und der räumlichen Verteilung von Energiedargebot und -bedarf;

– der Verfügbarkeit von Standorten und konkurrierenden Nutzungen sowie

– strukturellen und ökologischen Beschränkungen.

(19) Die Auftragnehmer sollen ein geeignetes, aber zu benennendes Bezugssystem verwenden. Nach Möglichkeit soll das technische Potenzial auch in Abhängigkeit von den Kosten je vermiedener Einheit von CO_2 als Kostenfunktion angegeben werden.

1.7 Wirtschaftliches Potenzial rationeller Energienutzung

(20) Das wirtschaftliche Potenzial rationeller Energienutzung umfasst jene Verminderung des Energieeinsatzes, die mit heute einsatzfähigen Technologien und mit den während des Betrachtungszeitraums erwarteten Energiepreisen gesamt- bzw. einzelwirtschaftlich, bezogen auf die Nutzungsdauer, als rentabel bezeichnet werden kann.

(21) Da es das Ziel der Studien ist, der Politik Handlungsempfehlungen zu geben, ist es wünschenswert, dass das wirtschaftliche Potenzial möglichst in Abhängigkeit von den Energiepreisen ausgewiesen wird. Zusätzlich sollen die Auswirkungen von Markteinführungsstrategien sowie von Lerneffekten auf das wirtschaftliche Potenzial diskutiert werden.

1.8 Wirtschaftliches Potenzial von Energietechniken

(22) Das wirtschaftliche Potenzial von Energietechniken beschreibt den Beitrag von Techniken, der erreicht würde, wenn alle gesamt- bzw. einzelwirtschaftlich konkurrenzfähigen Maßnahmen durchgeführt werden.

(23) Da es das Ziel der Studien ist, der Politik Handlungsempfehlungen zu geben, ist es wünschenswert, dass das wirtschaftliche Potenzial möglichst in Abhängigkeit von den Energiepreisen ausgewiesen wird. Zusätzlich sind die Auswirkungen von Markteinführungsstrategien sowie von Lerneffekten zu diskutieren.

(24) Zum Wirtschaftlichkeitsvergleich sind die später beschriebenen Kostenrechnungsmodalitäten zur Ermittlung der Durchschnittskosten heranzuziehen.

(25) Dabei sind – bei Techniken zur Energieversorgung – i. a. unterschiedliche Erzeugungssysteme (z. B. unterschiedliche Heizungssysteme bei Einfamilienhäusern, Kohle- und Kernkraftwerke im Grundlastbereich) zu vergleichen.

(26) Sofern durch die Nutzung von Anlagen zur Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien in der Summe zusätzliche Kosten für Backup Systeme (z. B. mit fossilen Brennstoffen befeuerte Anlagen und Speichereinrichtungen) entstehen, sind diese bei der Betrachtung des wirtschaftlichen Potenzials zu berücksichtigen. Dabei sind auch Kostenverringerungen durch geeignete Steuerung (z. B. virtuelle Kraftwerke und intelligente Netze) zu berücksichtigen.

(27) Bei Anlagen zur Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien haben sich in der Praxis große Kostenverringerungen durch Kopplung von Technologien und Abnehmern gezeigt (z. B. solare Siedlungen). Diese Kostenverringerungspotenziale sind darzustellen.

1.9 Wirtschaftliches Potenzial der CO_2-Minderung

(28) Das wirtschaftliche Potenzial der Verminderung (Vermeidung) von energiebedingten CO_2-Emissionen beschreibt den Beitrag von Maßnahmen zur Verminderung (Vermeidung) von energiebedingten CO_2-Emissionen, der erreicht würde, wenn alle gesamt- bzw. einzelwirtschaftlich konkurrenzfähigen Maßnahmen, z. B. durch Ausschöpfung der wirtschaftlichen Einsparmaßnahmen durchgeführt werden. Das wirtschaftliche Potenzial der Verminderung von energiebedingten CO_2-Emissionen ist vermutlich wesentlich kleiner als das technische Potenzial.

(29) Zum Wirtschaftlichkeitsvergleich sind die später beschriebenen Kostenrechnungsmodalitäten heranzuziehen.

1.10 Erwartungspotenzial rationeller Energienutzung

(30) Das Erwartungspotenzial rationeller Energienutzung gilt stets für eine vorgegebene Zeitspanne, z. B. zwischen 1998 und 2010, und berücksichtigt Reinvestitionszyklen und Hemmnisse (s. u.) rationeller Energienutzung. Deshalb ist das Erwartungspotenzial in der Regel kleiner als das wirtschaftliche Potenzial, wobei die Hemmnisse kurzfristig instrumentell beeinflussbar sind, die Reinvestitionszyklen jedoch nur langfristig veränderbar sind.

1.11 Erwartungspotenzial von Energietechniken

(31) Das wirtschaftliche Potenzial ist im Allgemeinen nicht sofort und vollständig nur sehr langfristig erschließbar, z. B. wegen begrenzter Herstellkapazitäten, der noch nicht erschöpften Lebensdauer bestehender Systeme oder aufgrund von Hemmnissen, wie z. B. mangelnder Information. Unter Berücksichtigung dieser Faktoren wird mit dem Erwartungspotenzial der Beitrag einer Option zur Energieversorgung für einen vorgegebenen Zeitpunkt angegeben.

1.12 Verhaltens- und strukturbedingte Potenziale

(32) Während in den Kapiteln 1.2 bis 1.11 Potenziale der Energieeinsparung und CO_2-Minderung definiert werden, die allein durch technische Maßnahmen erreicht werden,

existieren auch Potenziale der Energieeinsparung und CO_2-Minderung durch eine veränderte Nachfrage nach Energiedienstleistungen.

(33) Die Nachfrage nach Energiedienstleistungen kann verändert werden

- durch Veränderung derjenigen Strukturen, die der jeweiligen Energiedienstleistungsnachfrage zugrundeliegen, z. B. Siedlungsstrukturen (wie Ein- und Mehrfamilienhäuser, räumliche (Ent-)Kopplung von Wohn-, Arbeits- und Freizeitfunktionen) und
- durch direkte Verminderung der Nachfrage von Energiedienstleistungen durch verändertes Verhalten (z. B. geringere Raumtemperaturen) oder Verzicht (z. B. auf bestimmte Mobilitätsformen).

(34) Verhaltens- und strukturbedingte Potenziale können häufig nur hinsichtlich plausibler Größenordnungen, auch in der ökonomischen Dimension, abgeschätzt werden.

1.13 Hemmnisse

(35) Der Begriff „Hemmnisse“ steht hier als Synonym für mehrere Einflüsse, die auf die Umsetzung z. B. der rationellen Energienutzung verlangsamend oder hemmend wirken:

- Wirtschaftliche Potenziale rationeller Energienutzung werden nicht im Rahmen ihrer Reinvestitionszyklen voll ausgeschöpft;
- Existierende Rahmenbedingungen beschränken das einzelwirtschaftliche Potenzial rationeller Energienutzung aus gesamtgesellschaftlicher Sicht unangemessen.

(36) Hemmende Einflüsse sind beispielsweise:

- sozial oder historisch bestimmte Investitions- und Konsumverhaltensmuster, z. B. mangelndes Umweltbewusstsein oder Verbraucherinteresse
- unzureichender Marktüberblick, unzureichende energietechnische Kenntnisse,
- unzureichende Betriebsanleitungen,
- Auseinanderklaffen von Investor- und Nutzerfunktion,
- rechtliche und administrative Eingrenzungen.

(37) Rahmenbedingungen, die das wirtschaftliche Potenzial rationeller Energienutzung aufgrund entsprechender (politischer) Prioritätensetzung unangemessen beschränken, sind beispielsweise

- Preise bzw. Tarifstrukturen leitungsgebundener Energieträger, die die heutigen Kostenstrukturen aus gesamtwirtschaftlicher Sicht nicht mehr widerspiegeln;
- staatliche Subventionen für Energieträger oder nicht verursachungsgerechte Kostenverteilung von Energienutzungsbereichen, die entweder die rationelle Energienutzung benachteiligen oder die Anwendung von Energienutzungssystemen gegenüber Alternativen einseitig bevorteilen;
- die Nichtinternalisierung externer Kosten.

(38) Diese hemmenden Rahmenbedingungen zu berücksichtigen, ist mit anderen Worten der Versuch, das als (einzel-)wirtschaftlich definierte Potenzial auf ein gesamtwirtschaftliches Potenzial rationeller Energienutzung zu erweitern. Damit werden auch die Notwendigkeiten eines gleichgewichtigen energiepolitischen Handels für Energieangebot und -nachfrage verdeutlicht.

(39) Diese Hemmnisliste ist beispielhaft und muss für andere Optionen entsprechend angepasst werden.

1.14 Effizienz und Effektivität

(40) Unter der ökonomischen **Effizienz** von Maßnahmen zur Verminderung (Vermeidung) von klimarelevanten Spurengasen wird das Verhältnis von Kosten und Wirksamkeit der Maßnahme verstanden, das stark vereinfachend als Kosten je erzielter Einheit Emissionsminderung (spezifische Minderungskosten) in Euro je nicht emittierter Tonne Schadstoff ausgedrückt werden kann. Zum richtigen Verständnis dieser Maßzahl müssen die jeweilige Vergleichstechnologie, das Minderungspotenzial, die Fristigkeit und ggf. Lerneffekte genau spezifiziert werden. Eine negative Effizienzzahl ist hierbei ein Hinweis auf eine besonders effiziente Minderungsmaßnahme. Die Effektivität von Maßnahmen zur Verminderung (Vermeidung) von klimarelevanten Spurengasen gibt dagegen die Wirksamkeit in bezug auf das Minderungsziel in nicht emittierten Tonnen Schadstoff an.

2 Einheiten

(41) Um eine möglichst weitgehende Vergleichbarkeit der einzelnen Angaben in den unterschiedlichen Studienschwerpunkten zu erreichen, sollte möglichst durchgehend dieselbe Einheit verwendet werden (mit den üblichen Vorsatzzeichen):

2.1 Energieeinheit

Joule

2.2 Energieeinheit Strom

Wattstunden

2.3 Leistungseinheit

Watt

2.4 Emissionseinheit

Tonne(n) Schadstoff

2.5 Währungseinheit

Euro

2.6 Zeiteinheit

Jahr (a)

2.7 Spezifische Kosten

Euro/GJ bzw. Cents/MJ

2.8 Spezifische Kosten Strom

Euro/MWh bzw. Cents/kWh

2.9 Spezifische Minderungskosten

Euro/nicht emittierter Tonne Schadstoff und Euro/nicht emittierter Tonne CO_2 bzw. CO_2-Äquivalent

2.10 Vorsatzzeichen

10^{18}	exa	E
10^{15}	peta	P
10^{12}	tera	T
10^{9}	giga	G
10^{6}	mega	M
10^{3}	kilo	k
10^{2}	hecto	h
10^{1}	deka	da
10^{-1}	deci	d
10^{-2}	centi	c
10^{-3}	milli	m
10^{-6}	micro	u
10^{-9}	nano	n
10^{-2}	pico	p
10^{-15}	femto	f
10^{-18}	atto	a

3 Orientierungsgrößen

3.1 Energieverbrauchsmatrix für das Jahr 1998

(42) Als Datenquellen sollen benutzt werden:

– Energieverbrauchsmatrix: AGEB: Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland;

– Nutzenergiebilanz: VDEW: Energieverbrauch in Deutschland 1998, VDEW-Materialien M-22/99

3.2 Emissionen und Spezifische Emissionsfaktoren

(43) Als Datengrundlage soll verwendet werden:

– die Emissionsinventare des Umweltbundesamtes für das Jahr 1998;

– die spezifischen Emissionsfaktoren des Umweltbundesamtes;

– Schadstoffemissionen aus den für den internationalen Luftverkehr vertankten Treibstoffmengen sind in die nationale Aufsummierung einzubeziehen, sollen aber nachrichtlich auch ausgewiesen werden.

– Die Klimawirksamkeit soll unter der Annahme der IPCC global warming potentials in CO_2 -Äquivalenten ausgedrückt werden (IPCC 1996, für 100 Jahre, SAR I, 2.5, Tabelle 2.9).

3.3 Basisjahr

(44) Das Basisjahr ist 1998.

3.4 Betrachtungszeitraum

(45) Der Szenarienhorizont reicht bis 2020 und 2050, wobei in den Szenarien für die Stützjahre 2010 und 2030 ebenfalls Ergebnisse angegeben werden sollen.

(46) Die methodische Problematik der Quantifizierung von Entwicklungen über derart lange Zeiträume – auch bei szenariohafter Vorgehensweise – wird anerkannt. Derart lange Zeiträume sind zu betrachten, um die Auswirkungen verschiedener Maßnahmen auf die CO_2-Konzentration in der Atmosphäre und anderer Nachhaltigkeitsziele zu erkennen.

3.5 Bevölkerungsentwicklung

(47) Die demografische Entwicklung soll aus dem Prognos-Basisszenario übernommen werden (Vergleiche Abbildung 3.).

3.6 Entwicklung des Bruttosozialproduktes und der Wirtschaftsstruktur (Orientierungswerte)

(48) Die gesamtwirtschaftliche Entwicklung soll aus dem Prognos-Basisszenario übernommen werden, bezogen auf das Basisjahr 1998 (Vergleiche Abbildung 4.).

3.7 Wechselkursentwicklung

(49) In Anlehnung an Energiereport III (Prognos, EWI 2000) soll ab 2020 in ähnlicher Weise fortgeschrieben werden.

3.8 Mittel- und langfristige Entwicklung der Energieträgerpreise

(50) Der **Rohölpreis** soll von der Importpreisschätzung der IEA für das Stichjahr 1999 (13,9 US$1990/bbl) ausgehen. Eine lineare Steigerung, angezeigt durch die rote Gerade in Abbildung 5, siehe S. 664, bis zum von Prognos vorgeschlagenen Endpunkt soll angenommen werden.

(51) Der **Erdgaspreis** soll in ähnlicher Weise angepasst werden, wobei beachtet werden soll, dass die Relation zum Erdölpreis gewahrt bleibt. Als Stützpunkte werden die Schätzung IKARUS A für das Jahr 2005 (4,881 DM1998/GJ) und das Endniveau von Prognos gewählt. Die durch diese beiden Punkte definierte Gerade (rot in Abbildung 6, siehe S. 664) kann zur Extrapolation in die Gegenwart benutzt werden.

(52) Der **Steinkohlepreis** wird ebenfalls angepasst: Bis 2010 wird ein linearer Anstieg vom heutigen Niveau (80,016 DM/t SKE) auf die Schätzung von IEA für den OECD-Importpreis (37,4 US$1990/t SKE) angenommen. Für die Zeit nach 2010 wird angenommen, dass der Preis weiter linear bis auf das von Prognos vorgeschlagenen

Abbildung 3

Bevölkerungsentwicklung in Deutschland

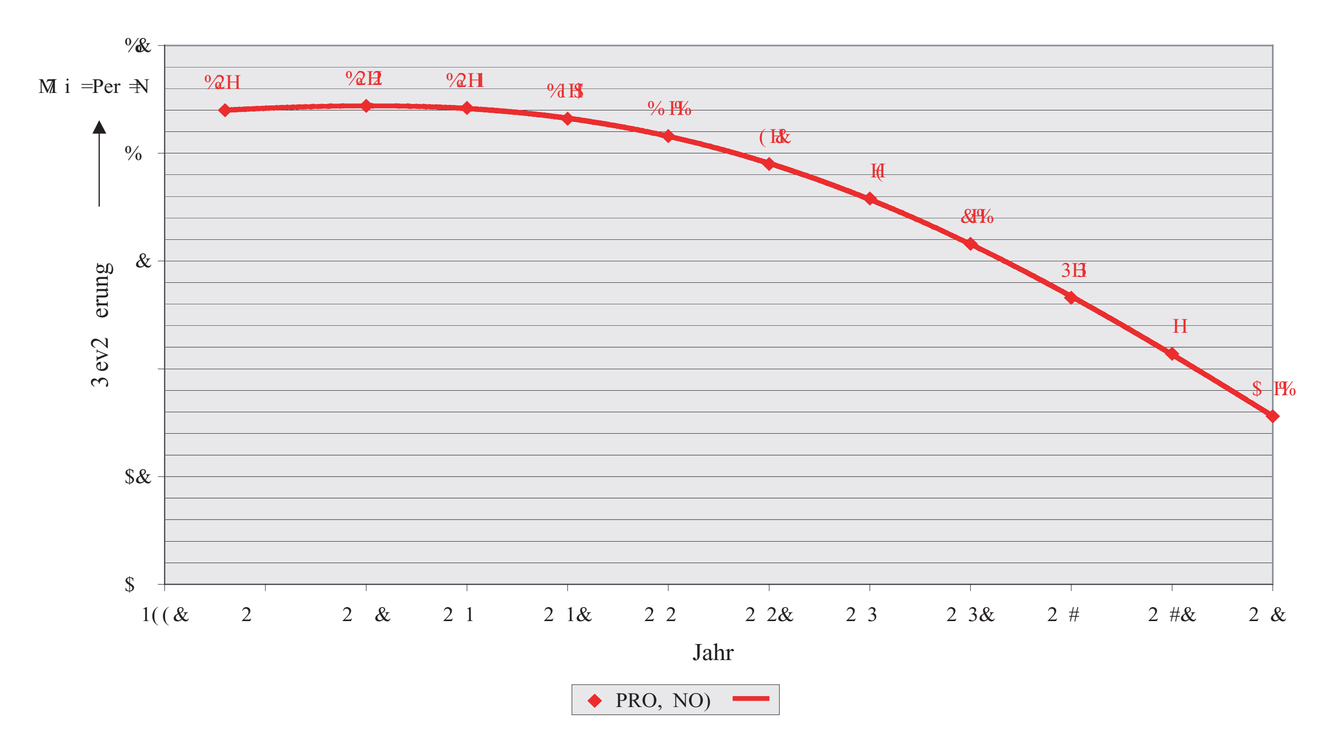


Abbildung 4

Entwicklung des Bruttoinlandsprodukts in Preisen von 1998

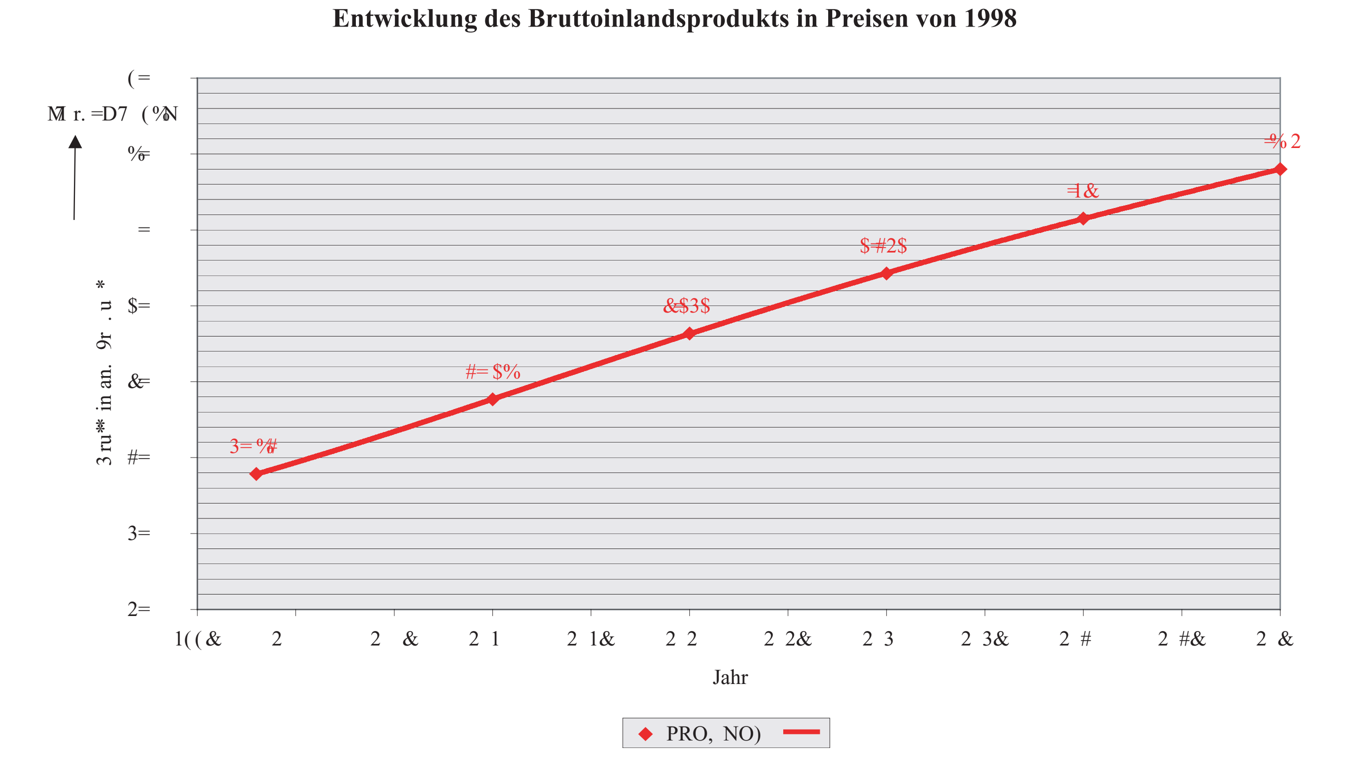


Abbildung 5

Entwicklung der Rohölpreise

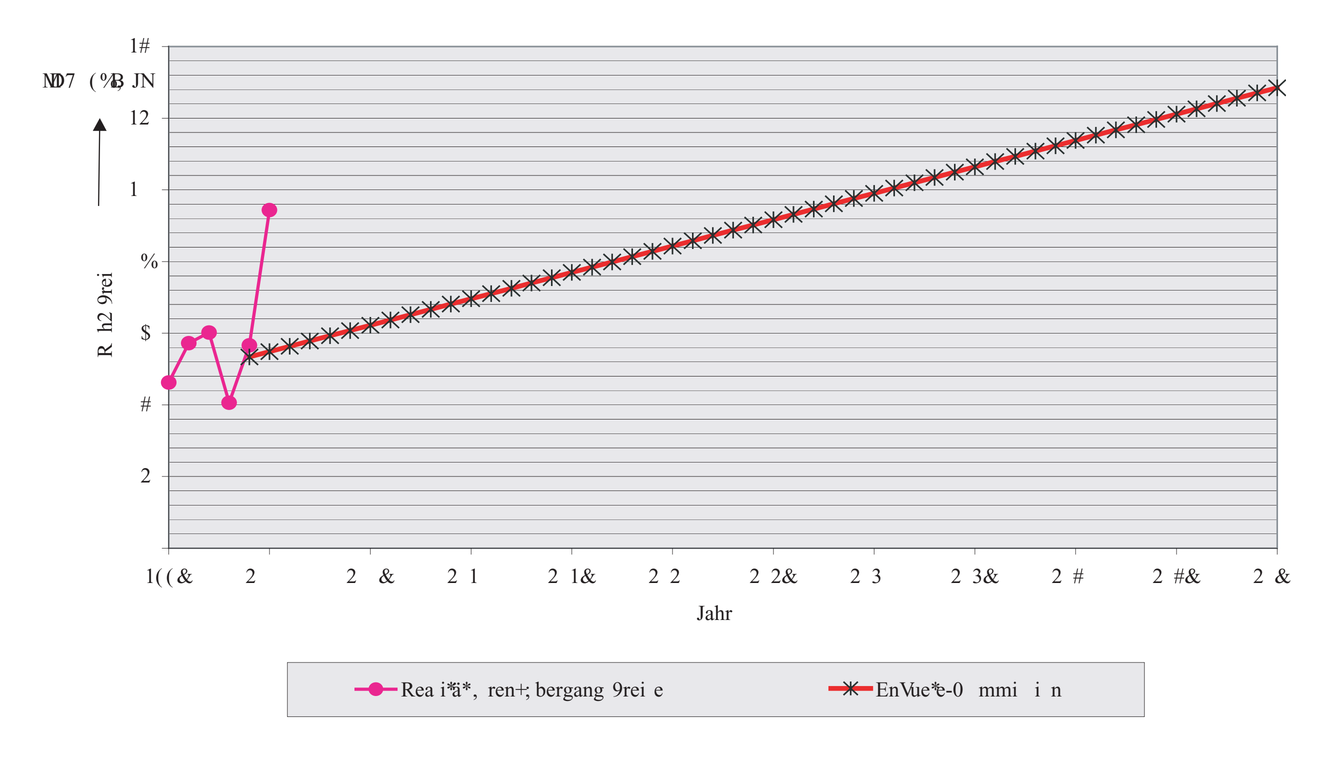
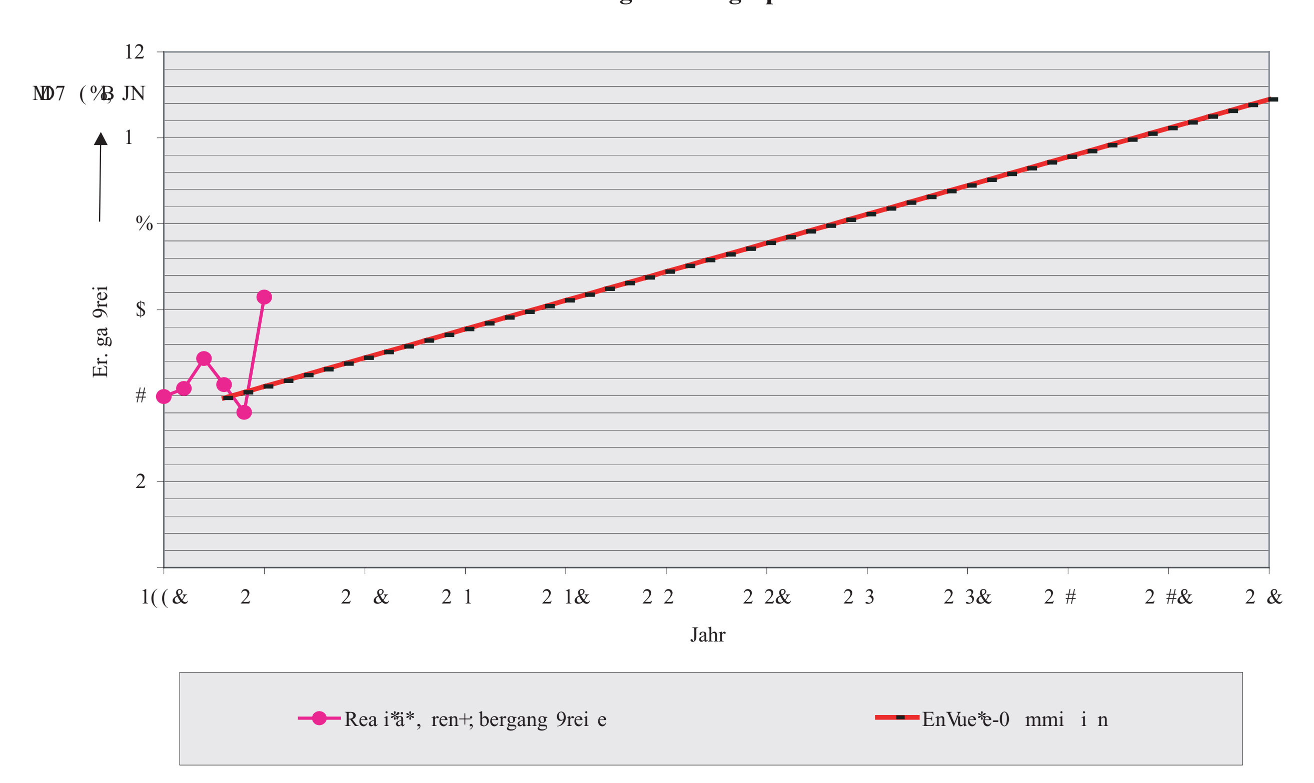


Abbildung 6

Entwicklung der Erdgaspreise



Niveau ansteigt (rot in Abbildung 7). Für Braunkohle sollen dieselben Äquivalentpreise pro SKE gelten.

(53) Daraus ergeben sich folgende Energieträgerpreise in DM 98/GJ:

Jahr	Erdöl	Erdgas	Steinkohle
2000	5,4864	4,213	2,6647
2005	6,2227	4,8812	2,7289
2010	6,9591	5,5494	2,7931
2020	8,4318	6,8858	3,1185
2030	9,9045	8,2223	3,4438
2050	12,8499	10,8951	4,0944

3.9 Mittel- und langfristige Entwicklung des Verkehrs

(54) Das Mengengerüst für den Referenzfall wird ins Analyseraster aufgenommen werden, wenn es für die Durchführung von Projekten jenseits der Szenarien-Studie notwendig werden sollte.

4 Wirtschaftlichkeitsberechnungen

(55) In der Regel wird es wegen der Kürze der Bearbeitungsdauer nicht möglich sein, in wesentlichem Umfang eigene Wirtschaftlichkeitsberechnungen durchzuführen. Soweit jedoch Wirtschaftlichkeitsberechnungen bei den zitierten Quellen durchgeführt wurden, sollten diese in jedem Fall kommentiert werden, da die jeweils zugrunde gelegten Annahmen sehr unterschiedlich sein können.

(56) Für **eigene Wirtschaftlichkeitsberechnungen** und die Beurteilung vorliegender Aussagen zur Wirtschaftlichkeit sind folgende Referenzgrößen einheitlich zu verwenden, um innerhalb des Studienprogramms zu vergleichbaren Wirtschaftlichkeitsaussagen zu kommen:

4.1 Investitionskosten

(57) Alle in Zusammenhang mit der Errichtung einer Anlage bzw. Durchführung einer Maßnahme bis zum Inbetriebnahmezeitpunkt anfallende Kosten (Anlagekosten, bauherrnseitige Aufwendungen für Gebäude, Grundstücke und Grundstückerschließungen, Verteuerungen und Zinsen während der Bauzeit).

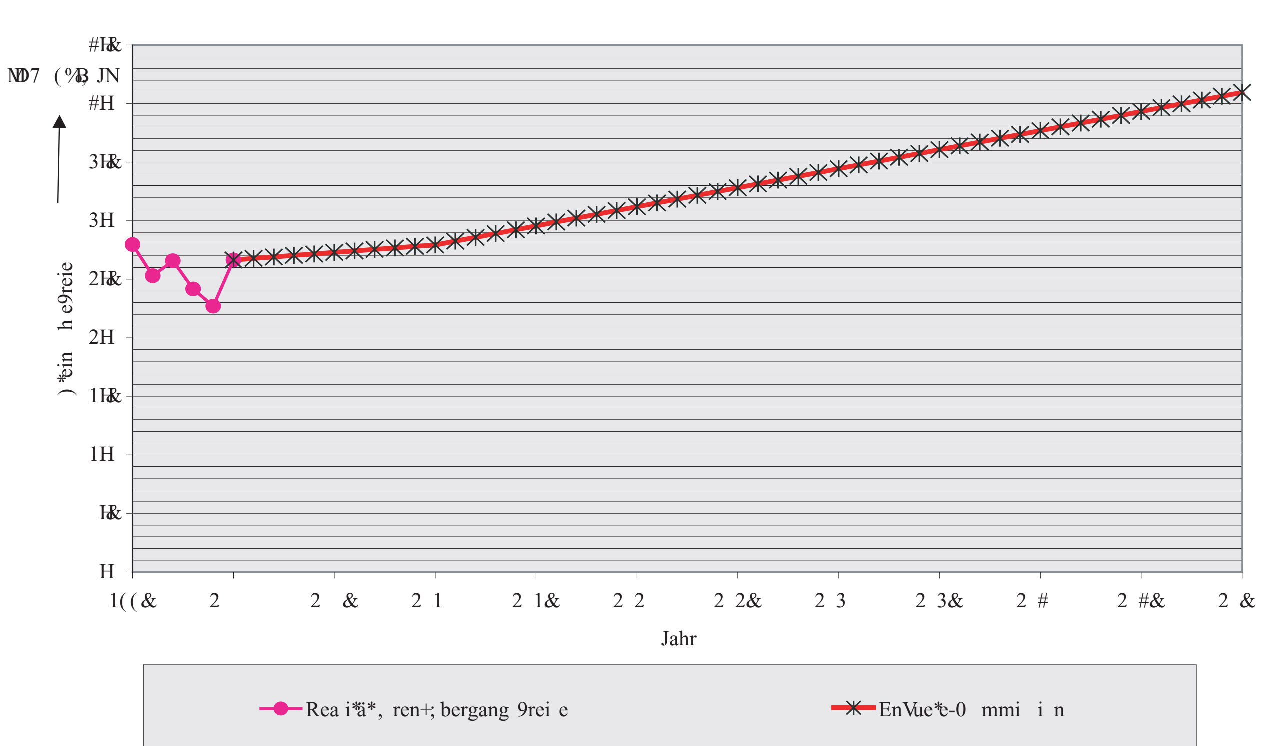
4.2 Preis- bzw. Kostenangaben

(58) Alle Berechnungen werden in realen Preisen (Preisbasis 1998) durchgeführt.

(59) Rechnung in realen Preisen, Kosten und Steigerungsraten im Geldwert des Jahres 1998. Sind Investitionen oder spezifische Investitionen nur für Jahre vor 1998 bekannt, so können diese durch Aufzinsen mit der Preissteigerungsrate p für die betreffende Technik bzw. für

Abbildung 7

Entwicklung der Steinkohlepreise



Investitionsgüter allgemein in Preise des Jahres 1998 („Euro 98“) umgerechnet werden:

$$I\,[Euro_{98}] = I\,[Euro_{98-n}] * (1 + p)^n$$

(60) Ist p nicht bekannt, kann näherungsweise die Inflationsrate angesetzt werden.

4.3 Verfahren der Wirtschaftlichkeitsrechnung

(61) Falls Wirtschaftlichkeitsrechnungen durchgeführt werden, sollten diese auf der dynamischen Annuitäten- oder der Barwertmethode beruhen. Die spezifischen Kosten je erzeugter bzw. eingesparter Energieeinheit werden als finanzmathematische Durchschnittskosten ermittelt.

(62) Alle Kosten einer energietechnischen Anlage oder einer Maßnahme zur Energieeinsparung bis zum Ende der Nutzungsdauer sowie evtl. Stilllegungskosten werden mit der realen Diskontrate d_r auf das Inbetriebnahmejahr, z. B. 1998, 2005 oder 2020, abgezinst.

$$B_K = \sum_{i=1}^{n} K_i\,(1 + d_r)^{-i}$$

B_K = Barwert

K_i = Kosten im Jahr i

n = Nutzungsdauer der Anlage/Maßnahme [Jahre]

d_r = Diskontrate.

Dabei läßt sich der Barwert von Kostenreihen (Zahlungsreihen) mit konstanten jährlichen Kosten Ki = const. = Ko nach der Formel:

$$B(K_i = \text{const.}) = K_0 \sum_{i=1}^{n} (1 + d_r)^{-i} = K_0\,\frac{1-(1+d_r)^{-n}}{d_r}$$

ermitteln.

Wenn die Kosten Ki. (z.B. Brennstoffkosten. Personalkosten usw.) mit einer jährlichen realen Steigerung p zunehmen, so ergibt sich der Barwert nach der Formel

$$B(K_i) = K_0 \sum_{i=1}^{n} (1 + p)^{-i} = K_0\,\frac{1-\left(\frac{1+d_r}{1+p}\right)^{-n}}{\left(\frac{1+d_r}{1+p}\right)-1}$$

K_0 = Jährliche Kosten bei Betriebsbeginn

p = Reale Verteuerungsrate der jährlichen Kosten

n = Nutzungsdauer der Anlage

Die Durchschnittskosten k (konstante spez. Kosten je erzeugter oder eingesparter Energieeinheit, z. B. in Euro/MWh) errechnen sich aus dem Barwert aller Kosten B_K nach der Beziehung:

$$B_K = k \sum_{i=1}^{n} E_i\,(1 + d_r)^{-i}.$$

E_i = Jährlich erzeugte oder eingesparte Energie

Somit ergibt sich:

$$k = \frac{\sum_{i=1}^{n} K_i (1 + d_r)^{-i}}{\sum_{i=1}^{n} E_i (1 + d_r)^{-i}}.$$

Bei konstanter jährlich erzeugter oder eingesparter Energie lassen sich die Durchschnittskosten k mit dem gleichen Ergebnis auch über die Annuität errechnen:

$$K = \frac{B_k a}{E}.$$

a = Annuitätsfaktor

E = Konstante jährliche Energie (erzeugt oder eingespart)

(63) Der Annuitätsfaktor a beträgt:

$$a = \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} (1 + d_r)^{-i}} = \frac{(1+d_r) \times d_r}{(1+d_r)^n - 1} = \frac{d_r}{1-(1+d_r)^{-n}}.$$

In Einzelfällen kann es sinnvoll sein, zusätzlich die Entwicklung der spezifischen Kosten in Abhängigkeit von der Zeit darzustellen. Sie werden nach folgender Beziehung ermittelt:

$$k_t = \frac{I \times a + K_{o,t}}{E_t}.$$

I = Investitionskosten

A = Annuitätsfaktor

$K_{o,t}$ = Betriebskosten im Jahr t

E_t = Energieerzeugung bzw. Energieeinsparung im Jahr t

4.4 Abschreibungsdauer

(64) Für eine volkswirtschaftliche Betrachtung soll die technische Lebensdauer verwendet werden, für einzelwirtschaftliche Entscheidungen die branchenüblichen Abschreibungszeiten. Diese sind jeweils zu benennen.

4.5 Diskontrate

(65) Für die Wirtschaftlichkeitsrechnung sollen bei volkswirtschaftlichen Berechnungen ein realer Zinssatz von 4 % und für einzelwirtschaftliche Entscheidungen ein kalkulatorischer Zins von 8 % verwendet werden. Bestimmte zukünftige Kosten und Risiken (z. B. Gesundheitsrisiken, Umweltschäden) werden nicht abdiskontiert.

5 Weitere Vorgaben

5.1 Zu betrachtende klimawirksame Emissionen

(66) Es sollen die energiebedingten Emissionen von CO_2 und anderen Treibhausgasen soweit relevant und bekannt erfasst werden. Für die Szenarienstudie werden CO_2, SO_2, NO_x sowie ggf. CH_4, N_2O, NMVOC, Partikel als relevant erachtet.

5.2 Weitere quantitativ zu betrachtende Nachhaltigkeitsindikatoren

Literatur

Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen: Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland 1998

IPCC (1996): Second Assessment Report, WGI

Nakicenovic, N.; A. Grübler; A. McDonald (1998): Global Energy Perspectives, Cambridge

Prognos, EWI (2000): Energiereport III

Reddy, A. K. N.; R. H. Williams; T. B. Johannson, (1997): Energy After Rio, Prospects and Challenges, UNDP, New York

Schaefer, H. (Hrsg.): VDI-Lexikon Energietechnik, VDI-Verlag, 1994

Swisher, J. N.; G. M. Jannuzzi, R. Y. Redlinger, (1997): Tools and Methods for Integrated Resource Planning, Improving Energy Efficieny and Protecting the Environment, Working Paper No. 7, United Nations Environment Programme (UNEP), UNEP Collaborating Centre on Energy and Environment, Risø National Laboratory, Roskilde

UBA: Definitionen

VDI-Richtlinie 4661: Energiekennwerte. Definitionen – Begriffe – Methodik.

VDEW: Energieverbrauch in Deutschland 1998, VDEW-Materialien M-22/99

Abkürzungsverzeichnis

ADB (AsDB)	Asian Development Bank
AFC	Alkaline Fuel Cell
AfDB	African Development Bank
AG	Aktiengesellschaft
AGEB	AG Energiebilanzen
AG FW	Arbeitsgemeinschaft für Wärme und Heizkraftwirtschaft e.V.
Al	Aluminium
ARGE Solarwirtschaft	Arbeitsgemeinschaft Solarwirtschaft
ASUE	Arbeitsgemeinschaft für Sparsamen und Umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V.
B2B	Business-to-Business
B2C	Business-to-Consumer
bbl/d	Barrel pro Tag
BGR	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
BHKW	Blockheizkraftwerk
BHW	Blockheizwerk
BINE	BINE Informationsdienst Energie
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BK	Braunkohle
BMFT	Bundesministerium für Forschung und Technologie
BMVBW	Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen
BMW	Bayerische Motoren Werke GmbH
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
BP	British Petroleum p. l. c.
BSP	Bruttosozialprodukt
BT	Deutscher Bundestag
BT-Drs.	Bundestagsdrucksache
BZ	Brennstoffzelle
c.p.	ceteris paribus – unter (sonst) gleichen Umständen
cap.	capita
CAR	Cooperative Automotive Research
CDB	Carribean Development Bank
CDM	Clean Development Mechanism
CdS	Kadmiumsulfid
CFK	Kohlenstoffhaltige Fluorkohlenwasserstoffe
CH_4	Methan
CIGS	Kupfer-Indium/Gallium-Diselenid
CIS	Kupferindiumdiselenid
CO	Kohlenmonoxid
CO_2	Kohlendioxid
COMECON	Council for Mutual Economic Assistance
CRM	Customer Relations Management
CSD	UN Commission on Sustainable Development
ct.	Eurocent
DEC	Dessicative and Evaporative Cooling
DEG	Deutsche Investitions- und Entwicklungsgesellschaft
DEMS	Dezentrale Energiemanagementsysteme
dena	Deutsche Energie-Agentur GmbH
DFS	Deutscher Fachverband Solarenergie
DIW	Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung
DKSF	Druckkohlenstaubfeuerung
DLR	Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt
DM	Deutsche Mark
DMFC	Direct Methanol Fuel Cell
DOE	U. S. Department of Energy
DSM	Demand Side Management

DtA	Deutsche Ausgleichsbank
DWSF	druckaufgeladene Wirbelschichtfeuerung
E-Business	Electronic Business
E-Commerce	Electronic Commerce
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EERE	Energy Efficiency and Renewable Energy
EEV	Endenergieverbrauch
EFH	Einfamilienhaus
EFTA	European Free Trade Association
EG	Europäische Gemeinschaft(en)
EGKS	Europäische Gemeinschaft für Kohle und Stahl
EIA	Energy Information Administration
EIB	Europäischer Installations-Bus
EJ	Exajoule
EK	Enquete-Kommission
EKC	Environmental Kuznets Curve
EL	Entwicklungsländer
EnEv	Energiesparverordnung
EOR	Enhanced Oil Recovery
EPR	European Pressurized Water Reactor
ERP	European Recovery Programme
ERU	Emission Reduction Units
ESIF	European Solar Industry Federation
ESKOM	Energieversorgungsunternehmen, Südafrika
EU	Europäische Union
EURATOM	Europäische Atomgemeinschaft
EVU	Energieversorgungsunternehmen
EWI	Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln
F+E / F&E	Forschung und Entwicklung
FAME	Fettsäuremethylester
FCKW	Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe
FEAG	Facility Engeneering AG
FhG-ISI	Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung
FNE	Fossil-nuklearer Energiemix
FOAK	First-of-a-kind
FZJ	Forschungszentrum Jülich
Fz-km	Fahrzeugkilometer
GATS	General Agreement on Trade in Services
GATT	General Agreement on Tariffs and Trade
GEF	United Nations Development Programme – Global Environment Facility
GEP	Global Energy Perspectives
GFZ	GeoForschungsZentrum Potsdam
GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen
GM	General Motors
GMH	GMH Engineering, USA
GRZ	Grundflächenzahl
GT	Gasturbine
GTZ	Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit GmbH
GuD	Gas und Dampf
GW	Gigawatt
GWP	Global Warming Potential
HDR	Hot-Dry-Rock
HEA	Fachverband für Energie-Marketing und -Anwendung e.V. beim VDEW
HES	Home Electronic System
HFC	Wasserstoffhaltige Fluorkohlenwasserstoffe
HKW	Heizkraftwerk
HME-Lampe	Quecksilber-Hochdrucklampe

HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
HSE-Lampe	Natrium-Hochdrucklampe
HTR	Hochtemperatur-Reaktor
HWWA	Hamburgisches Weltwirtschaftsarchiv
IBRD	International Bank for Reconstruction and Development
IDA	World Bank International Development Association
IDB	Inter-American Develpoment Bank
IEA	International Energy Agency
IER	Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Universität Stuttgart
IFC	World Bank International Finance Corporation
ifo	Institut für Wirtschaftsforschung
IGCC	Integrated Gasification Combined Cycle
IIASA	International Institute for Applied Systems Analysis
ILO	International Labour Organization
INFRAS	Infras Forschung und Beratung Consulting, Schweiz
InterSEE	EU-Projekt Interdisciplinary Analysis of Successful Implementation of Energy Efficiency in the Industrial, Commercial and Service Sector
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IPP	Independent Power Producers
IRP	Integrierte Ressourcenplanung
ISET	Institut für Solare Energieversorgungstechnik an der Universität Gesamthochschule Kassel
ISI (FhG-ISI)	Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung
ITAS	Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse des Forschungszentrums Karlsruhe
IuK	Informations- und Kommunikationstechnologien
IWF	Internationaler Währungsfond
IWR	Internationales Wirtschaftsforum Regenerative Energien, Münster
IWS	Institut für Wasserbau der Universität Stuttgart
IWU	Institut für Wohnen und Umwelt, Darmstadt
JI	Joint Implementation
K	Kelvin
k. A.	keine Angaben
KEP-Dienste	Kurier-, Express- und Paketdienste
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
Kfz	Kraftfahrzeug
KMU	Kleinere und mittlere Unternehmen
KNG	KNG Energy Inc., Ohio, USA
Kond.-KW	Kondensationskraftwerke
KÖWOGE	Köpenicker Wohnungsgesellschaft mbH
kWh	Kilowattstunden
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
KWK-G	Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz
kWp	Kilowatt Peakleistung
LED	Light Emitting Diode
LKW	Lastkraftwagen
LNG	Liquefied Natural Gas
LON	Local Operating Network
LPG	Liquefied Petroleum Gas
MCFC	Molten Carbonate Fuel Cell
M-commerce	Mobile Commerce
MEA	Mono-Ethanolamin
MFH	Mehrfamilienhaus
MIGA	Multilateral Investment Guarantee Agency
MIV	Motorisierter Individualverkehr

MOE-Staaten	Mittel- und osteuropäische Staaten
MW	Megawatt
MWel	Megawatt elektrische Leistung
MWp	Megawatt Peakleistung
MWth	Megawatt thermische Leistung
MWSt	Mehrwertsteuer
N_2O	Lachgas
NEFZ	Neuer Europäischer Fahrzyklus
NEH	Niedrigenergiehaus
NE	Nicht-Eisen
NGO	Non Governmental Organization
NMVOC	Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe
NO_2	Stickoxid
NRW	Nordrhein-Westfalen
NT	Niedrigtemperatur
ODA	Official Development Aid
OECD	Organization for Economic Cooperation and Development
OPEC	Organization of the Petroleum Exporting Countries
ORC	Organic Rancine Cycle
ÖSPV	Öffentlicher Straßenpersonenverkehr
OTEC	Ocean Thermal Energy Conversion
p.a.	per annum
PAFC	Phosphoric Acid Fuel Cell
PEMFC	Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell
PEV	Primärenergieverbrauch
PFC	Perfluorierte Kohlenwasserstoffe
PIUS	Produktintegrierter Umweltschutz
PJ	Petajoule
Pkm	Personenkilometer
Pkw	Personenkraftwagen
PNGV	„Partnership for a New Generation of Vehicles“
ppm	parts per million
PROKON	PROKON Nord Energiesysteme GmbH, Leer
PSA	Pressure Swing Adsorption
PV	Photovoltaik
RDH	RDH Building Engineering Ltd., Vancouver; Victoria, Kanada
REG	Regenerative Energien
REN	Rationelle Energienutzung
RLT-Anlage	Raum- und lufttechnische Anlage
RME	Rapsöl-Methylester
RRO	REG/REN-Offensive
SBS	Sick Building Syndrom
SEGS	Solar Electric Generating Systems
SF_6	Schwefelhexafluorid
SK / SKE	Steinkohle
SOFC	Solid Oxide Fuel Cell
SP	Substitutionsansatz
STE	Programmgruppe Systemforschung und Technologische Entwicklung des Forschungszentrums Jülich
StVO	Straßenverkehrsordnung
s.u.	Siehe unten
SUV	Sport Utility Vehicles
SWR	Siedewasser-Reaktor
TAB	Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag
THG	Treibhausgasemission

TJ	Terajoule
tkm	Tonnenkilometer
TSA	Temperature Swing Adsorption
TWh	Terawattstunden
UBA	Umweltbundesamt
UNCED	United Nations Conference on Environment and Development
UNDEP	United Nations Development Programme
UNEP	United Nations Environment Programme
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
UNO	United Nations Organization
USCAR	United States Council for Automotive Research
UVS	Unternehmensvereinigung Solarwirtschaft
UWE	Umwandlungseffizienz
vs.	versus
VDA	Verband Deutscher Architekten e.V.
VDEW	Verband der Elektrizitätswirtschaft e.V.
VDI	Verein Deutscher Ingenieure e.V.
VES	verkehrswirtschaftliche Energiestrategie
VN	Vereinte Nationen
VO	Verordnung
VVII	Verbändevereinbarung II
WBGU	Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen
WEA	Windenergieanlagen
WEA	World Energy Assessment
WEC	World Energy Council
WEHAB	Water, Energy, Health, Agriculture, Biodiversity
WI	Wuppertal-Institut für Klima, Energie und Umwelt
WKA	Windkraftanlage
WM	Wirkungsgradmethode
WRG	Wärmerückgewinnung
WSV / WSVO / WSchVO	Wärmeschutzverordnung
WTO	World Trade Organization
WZB	Wissenschaftszentrum Berlin
ZUMA	Zentrum für Umfragen, Methoden und Analysen e.V., Mannheim



Druck: MuK. Medien- und Kommunikations GmbH, Berlin
Vertrieb: Bundesanzeiger Verlagsgesellschaft mbH, Postfach 13 20, 53003 Bonn, Telefon: 02 28 / 3 82 08 40, Telefax: 02 28 / 3 82 08 44
ISSN 0722-8333